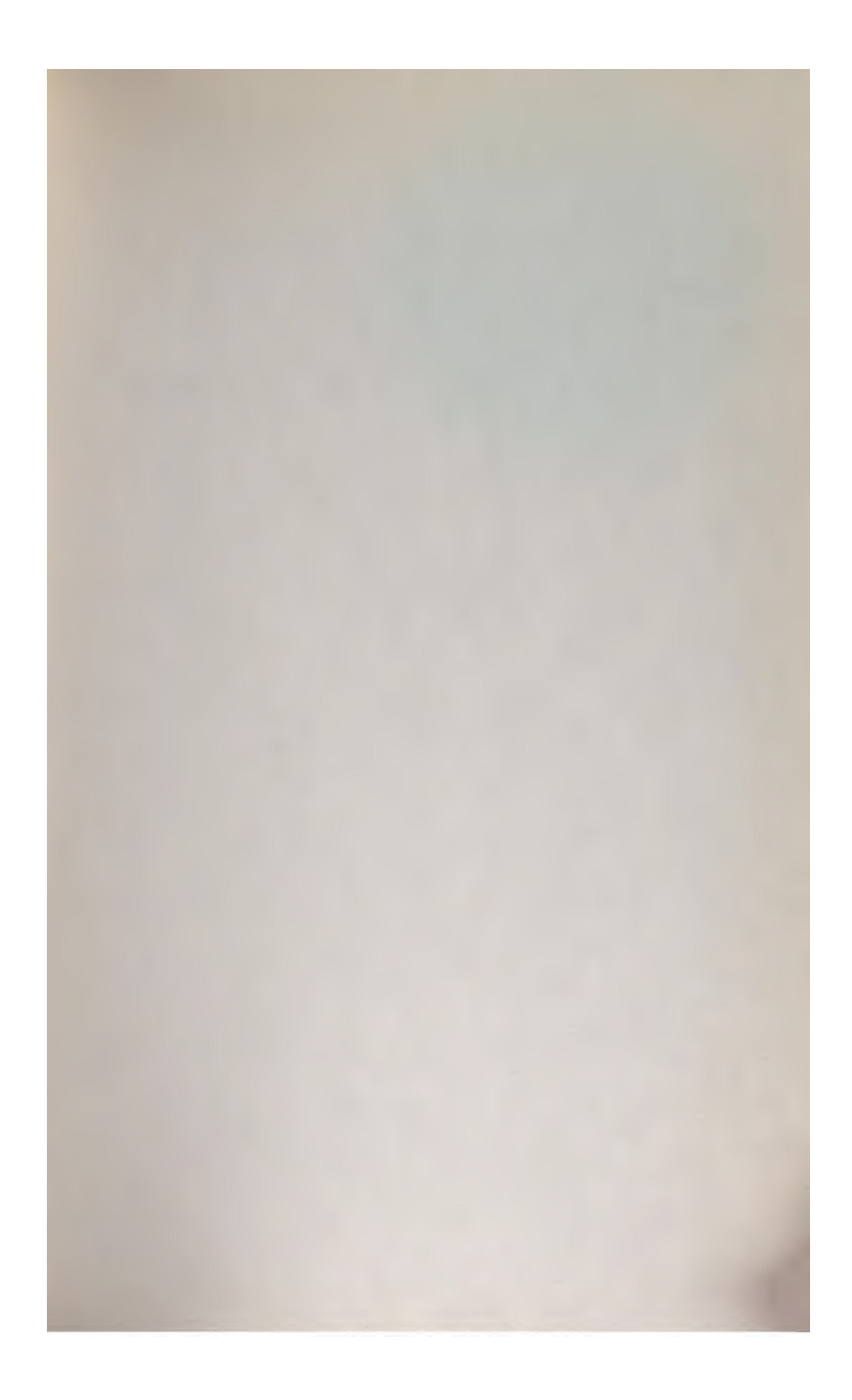

Stanford University Libraries
3 6105 027 397 731











Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,

Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

52

Zweiundfünfzigster Jahrgang. 1907.

Mit 20 Tafeln.

Zürich,

in Kommission bei Fäsi & Beer in Zürich

1907.

Gründungsjahr der Gesellschaft
1746.

Inhalt.



Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

52

Zweiundfünfzigster Jahrgang. 1907. Erstes und zweites Heft.

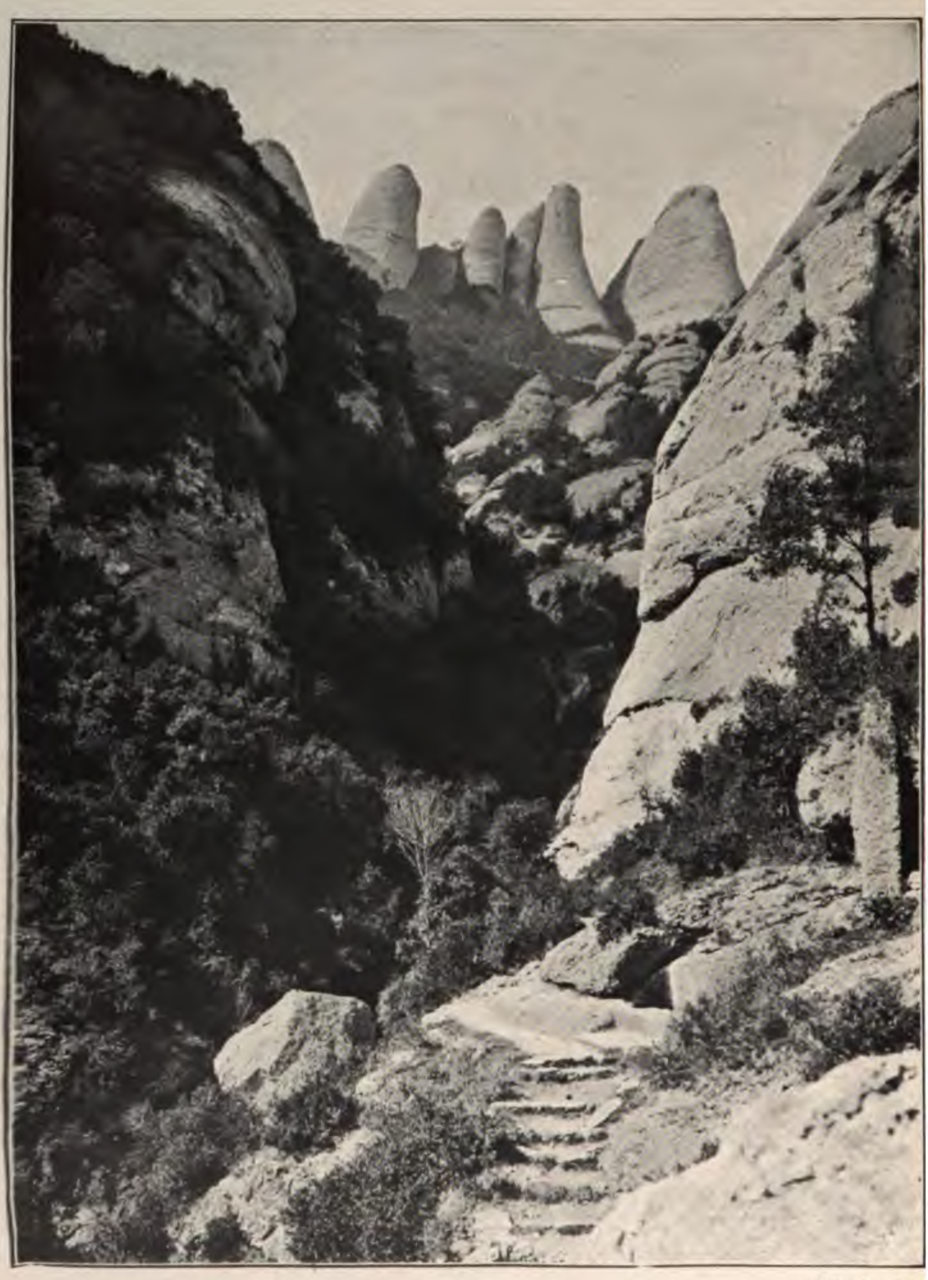
Ausgegeben am 29. Juni 1907.

Zürich,
in Kommission bei Fäsi & Beer.
1907.

Typ. Zürcher & Furrer, Zürich.

Gny

Inhalt.



Phot.: P. Bohn

Fig. 1. Monserrat: Eingang ins Val Malo.

Im Hintergrund die Felspyramiden „los Gigantes". Vegetation: Macchien (pag. 26). Blick vom Kloster nach Nordwesten.

XV.

Botanische Reisestudien von der spanischen Mittelmeerküste mit besonderer Berücksichtigung der Litoralsteppe.

Von

M. RIKLI.

Hiezu Tafel I—XII.

Einleitung und Geschichte akademischer Studienreisen ins Mittelmeergebiet.

Unter dem Titel „Kultur- und Naturbilder von der spanischen Riviera" habe ich im Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1907 einen zusammenfassenden Bericht über meine beiden in den Jahren 1905 und 1906 ausgeführten spanischen Reisen gegeben, wenigstens soweit dieselben das Gebiet von Südfrankreich und der spanischen Ostküstenregion bis Murcia und Guadix betrafen. Der Umfang des Neujahrblattes gestattete leider nur eine Schilderung von Land und Leuten, einschliesslich der Besprechung der Kulturgewächse und Kulturlandschaften. Vorliegende Arbeit erörtert nun, hauptsächlich an Hand von Exkursionsberichten, die botanischen Ergebnisse der beiden spanischen Reisen; das Naturland steht daher im Vordergrunde des Interesses, dem Kulturland ist nur noch ein kleiner zusammenfassender Abschnitt gewidmet. In den südlichen Teilen von Valencia und in Murcia, im östlichen Granada und Andalusien wird der Botaniker dem Studium der Litoralsteppe seine ganze Aufmerksamkeit zuwenden. Die an die Steppe sich knüpfenden allgemeinen Gesichtspunkte sind daher in drei besonderen Abschnitten: „Beiträge zur Kenntnis der Litoralsteppe" und „Die Urbarmachung des Naturlandes" behandelt. Der Schlussabschnitt über die Litoralsteppe gliedert endlich die Pflanzenwelt nach Verbreitungstypen, es sind Bausteine und Vorstudien zur Florengeschichte Süd-Ost-Spaniens.

Die auf den beiden Reisen gesammelten Pflanzen sind zum grössten Teil dem Herbarium generale des eidg. Polytechnikums in Zürich übergeben worden (über 600 Bogen), eine Auswahl besonders charakteristischer Typen habe ich meiner Vorlesungsdemonstrationssammlung

eingeordnet. Ferner hatte ich auch Gelegenheit, die von Herrn Pr Dr. Woodhead (Huddenfield) und von Herrn Assistent G. Geilinger g sammelte Ausbeute durchzusehen und so meine Aufzeichnungen zu ve vollständigen. Die Herren Prof. H. Wegelin in Frauenfeld und I H. Brockmann in Zürich waren so freundlich, mir ihre, auf ein in der zweiten Hälfte April 1905, teils allein, teils unter Leitung d Laboratoire Arago in Banyuls-sur-Mer, in die gleichen Gebiete au geführten Studienreise gesammelten Pflanzen zur Revision und E stimmung einzusenden und mir einige Notizen zu überlassen. Auss den eigenen umfangreichen, stets an Ort und Stelle aufgenommen Aufzeichnungen, standen mir endlich auch noch die Pflanzenlist von Herrn Assistent G. Geilinger zur Verfügung.

Bei der Bearbeitung der auf den beiden Reisen gesammelt Pflanzen konnte ich ausser den unter der Literatur aufgeführt Florenwerken die Herbarien des bot. Museums der Universität u des eidg. Polytechnikums in Zürich benützen; den beiden Direktor Prof. Dr. H. Schinz und Prof. Dr. C. Schröter bin ich daher sehr zu Da verpflichtet. Ein kleiner Rest der botanischen Ausbeute wurde endli mit Herrn Dr. W. Bernoulli in Basel an Hand von dessen reic haltigem Herbarium festgestellt. Die nur spärlich vorgefunden Pilze bestimmten die Herren Prof Dr. Ed. Fischer (Bern) und I A. Volkart von der eidg. Samenkontrollstation (Zürich), letzter auch noch einige Gräser; Dr. Th. Herzog (Zürich) verdanke ich (Bestimmung mehrerer Moose, Dr. J. Briquet, Direktor des botanisch Gartens der Console bei Genf, die Revision der Labiaten und die E stimmung einiger weiterer Pflanzen, zu deren sicherer Diagnostizieru in Zürich das nötige Vergleichsmaterial fehlt; darunter fanden si drei Novitäten. Prof. Dr. Flahault in Montpellier übernahm (Bestimmung dreier nur im vegetativen Zustand gesammelten Pflanz der Strandfelsenflora von Banyuls. Möge es mir auch an dies Stelle gestattet sein, für all' diese mir zu Teil gewordene sehr we volle Unterstützung, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Bereits im Vorwort zum Neujahrsblatt ist die so junge Geschich der akademischen Studienreisen ins Mittelmeergebiet gestreift u der hohe bildende Wert dieser Unternehmungen hervorgehob worden. Es dürfte sich aber hier empfehlen noch etwas eingehend auf diese Studienreisen einzugehen. Nachdem Prof. Flahault 18 einem Ruf an die Universität Montpellier gefolgt war, unternah er mit Studierenden seines Instituts bereits im Frühjahr 1882 d erste botanische Studienreise nach der Riviera; er wählte dama Antibes als Ausgangspunkt seiner Exkursionen. Schon ein Ja

später leitete Flahault eine zehntägige Exkursion der französischen botanischen Gesellschaft nach denselben Gebieten, dieser Reise schloss sich jedoch auch wieder eine grössere Zahl von Studierenden der Universität Montpellier an. Von 1883/1886 wurden besonders die hohen Cevennen und das Kalkgebiet der Causses besucht und damit den Praktikanten eine vortreffliche Gelegenheit gegeben, den Wechsel der Pflanzenwelt und der Formationen von der Meeresküste mit ihrer mediterranen Flora bis zu den alpinen Charakter tragenden Hochflächen der Cevennen kennen zu lernen. Während dreier Sommer (1887/1889) verlegte der unermüdliche Gelehrte sein Laboratorium, je während zwei Monaten, nach le Croisic, nordwestlich von St. Nazaire, an die Südküste der Bretagne. Um dieselbe Zeit erweiterte er die grosse Schlussexkursion des Sommersemesters bis in die französischen und spanischen Pyrenäen. Seit 1894 legt Flahault einen noch grösseren Wert auf diese Exkursionen. Von jetzt an werden sogar alle Ferien dazu verwendet. Zur Osterzeit führt eine 17 Tage umfassende Studienreise bald in die Cevennen, bald ins Roussillon, wo das Laboratoire Arago in Banyuls als Zentrum dient, oder die wissbegierige Schar durchwandert die unteren Regionen der französischen und spanischen Pyrenäen. Um Pfingsten wird gewöhnlich eine zehntägige Exkursion ausgeführt und zwar in die Alpen der Provence (1895/1897), in die Montagnes des Maures (1898), in die Voralpen der Provence und auf den Mont Ventoux (1899/1901) oder endlich nach den spanischen Teilen der östlichen Pyrenäen (1903). Ja selbst die Weihnachtsferien sind gelegentlich zu botanischen Studien geopfert worden. Wiederholt wurden in dieser Zeit zehn Tage in Hyères und auf den Stöchaden (Iles de Hyères) zugebracht, eine seltene Gelegenheit, die Biologie der Überwinterung vieler Pflanzen kennen zu lernen. So ausgedehnt das Studienfeld von Flahault und seiner Schüler bereits vor 1900 war, so betraf dasselbe doch immerhin nur Gebiete, die von der Ausgangsstation in einer halbtägigen Reise erreichbar waren, einzig le Croisic in der Bretagne (1887/1889) macht in dieser Hinsicht eine Ausnahme, doch liegt diese Station ausserhalb des Mittelmeerbeckens, zudem handelt es sich in diesem Fall um einen längeren Aufenthalt behufs Studium der marinen Algenvegetation.

Prof. Dr. R. Chodat von Genf, der eigentliche Pionier der grossen akademischen Studienreisen ins Mittelmeergebiet, veranstaltete zuerst 1896 eine botanische Exkursion nach der Camargue und auf den Mont Ventoux. Im folgenden Jahre wurde die Maurienne, der Mont Cenis und Susa besucht. Von nun an werden mit kleinen Abänderungen alljährlich verschiedene Teile der französischen Riviera bereist. Das Studium der Garigues und der mediterranen Kulturpflanzen steht

an erster Stelle auf dem Arbeitsprogramm. Eine der schönsten und lehrreichsten Studienreisen ist die nach der Küstenregion des Departement du Var, östlich von Toulon: Halbinsel de Giens, Hyères, île de Porquerolles, Bai von Bormes, le Larandon, le Cavalaire, Cap nègre und gelegentlich die Montagnes des Maures. Diese wiederholt ausgeführte Reise beansprucht eine Woche und kommt von Genf aus auf nur 65 Franken zu stehen.

Die erste grössere akademische Mittelmeerreise fällt in die Monate März und April des Jahres *1899*. Während drei Wochen wird die Insel Korsika von der Küstenregion bis hoch ins Gebirge mit 14 Studenten durchwandert. Die Exkursion geht von Ajaccio über Cargese und Piana nach Evisa, über den Col de Vergio ins Niolo nach Albertacce und Corte, dann neuerdings über das Gebirge, auf den Col de Vizzavona und endlich nach Bastia, von wo aus die wunderbare Tour um das Cap Corse gemacht und endlich noch Belgodère und Calvi besucht werden. Mit acht Spezialschülern bereist Chodat 1903 während 22 Tagen Mallorca, die Hauptinsel der Balearen. Von Palma ausgehend wird grösstenteils zu Fuss die mallorquinische Sierra von Andraixt bis Cap Formentor durchwandert und die höchste Erhebung, der Puig Major (1445 m) bestiegen; auch der südliche, botanisch weniger interessante Teil der Insel wird besucht. Über diese Reise publizierte Chodat zwei Jahre später, unter dem Titel „Une excursion botanique à Majorque" einen sehr anziehenden und lehrreichen Bericht (14). Schon ein Jahr später folgt Flahault. Als Reiseziel seiner ersten grossen mit Studierenden unternommenen Mittelmeerreise wählt auch er Mallorca. Ebenfalls 1904 unternimmt Prof. Dr. M. Fünfstück von der technischen Hochschule in Stuttgart in den Pfingstferien (vom 21. bis 30. Mai) in Begleitung von 19 Studierenden seine erste akademische Studienreise ins Mittelmeergebiet. das Reiseziel war die Riviera von Genua bis Marseille. Eine bessere Zeit als Pfingsten kann man für eine derartige Exkursion nicht wohl wählen. Ostern ist zu früh. die Vegetation noch zu sehr zurück, dazu das Wetter unbeständiger und das Reisen in grösserer Gesellschaft infolge des Fremdenverkehrs schwierig und teuer. Um Pfingsten sind die Hotel schwach besetzt, sodass man überall billige Unterkunft findet und ein gern gesehener Gast ist.

Im Frühjahr 1905 wurden zwei grössere akademische Studienreisen nach der spanischen Ostküstenregion und nach den Balearen ausgeführt. Chodat veranstaltete mit 15 Teilnehmern, unter denen sich auch der Schreiber dieser Zeilen befand, seine dritte dreiwöchentliche Mittelmeerreise. Das Studium der berühmten Huerta von Valencia und Murcia. sowie der Litoralsteppe Südostspaniens und der Dattelpalmen-

oasen von Elche, Orihuela und Cartagena war die Hauptaufgabe dieser sehr lehrreichen Reise. Fast gleichzeitig (vom 15. bis 30. April), wurde von G. Pruvot von der Sorbonne wiederum eine Studienreise nach Mallorca geleitet. Die Gesellschaft bestand aus etwa 80 Franzosen, Herren und Damen; in Barcelona schlossen sich noch 35 Spanier unter der Führung von Odon de Buen, Professor der Naturwissenschaften an der Universität an. Unter den Teilnehmern befanden sich auch zwei Schweizer Prof. H. Wegelin von Frauenfeld und Dr. H. Brockmann von Zürich; die botanische Führung übernahm Professor Flahault. Die eigentliche Reiseleitung lag dagegen in den Händen von Dr. Rakovitza, dem zweiten Direktor von Banyuls. In Palma veranstalteten die Herren eine ausserordentliche Versammlung der société zoologique de France. Es sprachen Prof. De Buen über: La région mediterranéenne des Baléares[1]), Dr. Rakovitza über die Höhlenfauna der Cueva del Drach bei Manacor und auf der Rückreise hielt Flahault auf dem Schiff einen zusammenfassenden Vortrag über die Flora von Mallorca.

Das Jahr 1906 verzeichnet sogar drei grössere akademische Studienreisen. Der Andrang zu denselben war so gross, dass nur ein Teil der Anmeldungen berücksichtigt werden konnte; zum erstenmal wird das Reiseziel bis nach Nord-Afrika ausgedehnt. Prof. Dr. M. Fünfstück verlässt am 12. März in Begleitung von 25 Studierenden Stuttgart. Über Marseille geht es nach Algier, das während fünf Tagen als Standquartier zu Exkursionen in die Umgebung dieser Stadt und bis in den Atlas dient. Auf der Rückreise wird noch ein Abstecher nach Nizza, Mentone und Mortola gemacht und am 26. März ist die ganze Reisegesellschaft bereits wieder in München. — Im April unternahm die französische botanische Gesellschaft unter Leitung der Professoren Battandier und Trabut, den beiden vorzüglichen Kennern der Flora Nord-Afrikas (1), eine Studienreise nach dem westlichen Algerien. Die 54 Teilnehmer, meistens Professoren, Assistenten, Präparatoren und Studierende verschiedener französischer Hochschulen, schifften sich am 7. April in Marseille ein, am 9. April wurde in Oran gelandet und zunächst mehrere Exkursionen in der Umgebung dieser Stadt ausgeführt; dann ging es mit der Bahn nach Süden, durch die Steppenlandschaften der Hochflächen der Schotts bis in das südliche Oranais und auf der strategischen Bahnlinie, längs der marokkanischen Grenze, bis nach dem unter dem 32.° n. Br. gelegenen Ben Zireg. Unter militärischer Bedeckung wurde sogar die marokkanische Oase Tiguig besucht. Am 22. April erfolgt die Landung

---

[1]) Odon de Buen. Excursiones por Mallorca. — Barcelona (1905) Pedro Toll. 37 S.

in Marseille. An dieser Reise beteiligten sich auch einige Schweizer: Prof. Dr. A. Heim und die Dr. Dr. P. Arbenz, H. Brockmann, A. Thellung. In der Zahl von 25 Teilnehmern verliess die dritte Reisegesellschaft, meistens Dozenten und Studierende des eidg. Polytechnikums in Zürich, am 16. März die Schweiz. Das Reiseziel war der nördliche Teil Mallorcas, die Litoralsteppen, die Palmenoasen Südostspaniens und die Hochsteppen der nördlichen Abdachung der Sierra Nevada. Die Rückreise erfolgte über Granada und Madrid-Barcelona.

Nach vierwöchentlicher Abwesenheit traf die Reisegesellschaft am Abend des 13. April wieder in Zürich ein.

Itinerarium.

Datum	1905		1906
März 16.	Genf — Lyon		Zürich — Baden
17.	Lyon — Cette — Barcelona		Baden — Genf — Lyon — Montpellier
18.	Tibidabo bei Barcelona		Cette — Barcelona
19.	Tarragona		Tibidabo. Überfahrt nach Mallorca
20.	Tarragona — Valencia (Grao)		Palma. Exkursion nach Genova
21.	Valencia — Denia (Castellberg.)		Palma
22.	Exkursion zum Cabo S. Antonio		Palma — Valldemosa — Miramar
23.	Monte Mongo		Miramar — Soller
24.	Denia	Balearen	Puerta und Barranco v. Soller
25.	Denia — Benisa		Soller — Santa Maria — Pollensa
26.	Felsen von Ifach. Calpe. Altea		Atalaya de Albercuitx
27.	Altea — Villajoyosa — Alicante		Pollensa — Palma
28.	Elche		Fort Bellver bei Palma
29	Alicante — Cartagena		Palma — Ibiza (Pithyusen)
30.	La Union bei Cartagena		Ibiza — Alicante — Besuch v. Elche
31.	Mar Menor		Orihuela, Sierra, Felsensteppe, Huerta
April 1.	Cartagena — Monte Agudo (Murcia)		Orihuela (Halfasteppe) — Murcia
2.	Orihuela (Sierra)		Murcia — Baza
3.	Orihuela (Steppe) — Alicante		Baza — Guadix — Granada
4.	Alicante — Valencia		Granada
5.	Valencia — Barcelona		„
6.	Barcelona — Banyuls — Perpignan		Granada — Cordoba — Madrid
7.	Perpignan — Lyon — Genf		Madrid
8.			„
9.			„
10.			Madrid — Saragosa — Reus — Barcelona
11.			Montserrat
12.			Barcelona — Lyon
13.			Lyon — Zürich

Literatur.

I. Florenwerke.

1. Battandier et Trabut, Flore de l'Algérie. Vol. II (1888/1890).
2. Boissier Ed., Folra orientalis. Bd. I (1867) bis Bd. V (1884), Suppl. 1888.
3. Bonnier et de Layens, Flore de France. Tabellarische Flora mit 5291 kleineren Figuren im Text.
4. Fiori Adr. e Paoletti G., Flora analitica d'Italia, Padova 3 Bde. 1896/1905 e Iconographia,
5. Grenier et Godron, Flore de France. 3 Bde. (1848/1856).
6. Halacsy E., de Conspectus florae graecae, vol. I (1901) bis III (1904).
7. Lazaro et Ibiza, Botanica discriptive. 2 Bde. Lisboa 1896. Compendio della flora española, mit Abbildungen.
8. Loret et Barrandon, Flore de Montpellier. 2 Bde. (1876).
9. Marès P. et Vigineix G., Catalogue raisonné des plantes vasculaires des îles Baléares (1880).
10. Nyman C. Frid., Conspectus florae europaeae (1878/1882).
11. Rouy G., Flore de France, vol. I (1893) bis VIII (1903).
12. Willkomm M. et Lange J., Prodromus florae hispanicae, 3 vol. und Suppl. (1861/1880).

II. Reiseberichte. Botanische Monographien etc.

13. Boissier Ed., Voyage botanique dans le midi de l'Espagne. 2 vol., Paris 1839/1845.
14. Chodat R., Une excursion botanique à Majorque, Bulletin des travails de la société botanique de Genève, XI p. 19 bis 199 (1905).
15. Fischer Theobald, Die Dattelpalme, Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 64 (1881).
16. Fischer Th., Der Ölbaum, seine geographische Verbreitung, seine wissenschaftliche und kulturhistorische Bedeutung, Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 174 (1904).
17. Hartwich C., Frühlingsferien in Spanien, ein paar Tagebuchblätter, Apotheker-Zeitung 1906.
18. Keller C., Eine Frühlingsfahrt nach den Balearen, N. Z. Z. 1906, 47 S.
19. Müller Eug., Über die Korkeiche, Abh. d. k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, Bd. II (1900) 239 ff. mit einer Karte und zwei Tafeln.
20. Oettli Max, Über den Wurzelort von Poterium ancistroides Desf. Bericht IX der zürch. bot. Gesellschaft (1903/1905).
21. Rein J., Geographische und naturwissenschaftliche Abhandlungen zur 400jährigen Feier der Entdeckung Amerikas. Leipzig, W. Engelmann (1892).
Besonders beachtenswert sind folgende Kapitel:
a) Kork und Korkeiche, p. 137 bis 157, *b)* Die Steineiche und die spanische Schweinezucht, p. 158 bis 168, *c)* Die Albufera von Valencia, das Mar Menor und die Sierra de Cartagena, p. 169 bis 181, *d)* Grundlagen und Eigenart der spanischen Landwirtschaft, p. 182 bis 219, *e)* Über den Reisbau und einige andere bemerkenswerte Kulturen der Provinz Valencia, p. 220 ff.
22. Rikli M., Botanische Reisestudien auf einer Frühlingsfahrt durch Korsika, Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellsch. in Zürich, Jahrg. XLVII (1902), Heft 3/4.
23. Rikli M., Spanische Reiseerinnerungen, Feuilleton N. Z. Z., Oktober 1906.

24. Rikli M., Kultur- und Naturbilder von der spanischen Riviera mit sechs Tafeln und einer Textillustration, Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf das Jahr 1907, 109 Stück (1907).
25. Rikli M., Spanien, Vegetationsbilder, herausgegeben von G. Karsten und H. Schenk. Fünfte Reihe, Heft 6 (1907).
26. Rossmässler E. A., Reiseerinnerungen aus Spanien. Bd. I/II, Leipzig 1854.
27. Rouy M. G., Excursions botaniques à Jativa, à Valldigna, à la Sierra Mariola. Bulletin de la société botanique de France. XXVIII (1881) et XXIX (1882).
28. Rouy M. G., Excursions à Orihuela, Murcia, Hellin, Velez — Rubio, Madrid et Irun. Revue des sc. nat. vol. 1882 et 1883.
29. Rouy M. G., Excursions botaniques en Espagne — Denia, Bulletin de la société botanique de France. T. XXXI (1884) p. 33 bis 41 und 52 bis 56.
30. Thienen-Adlerflycht Karl, Freiherr von, In das Land voll Sonnenschein, Bilder aus Spanien. Berlin 1861.
31. Trabut L., Etude sur l'Halfa (Stipa tenacissima), Alger 1889.
32. Unter Palmen: Über Elche mit acht Abbildungen. — Die Welt. Bd. X. No. 26 vom 19. März 1905.
33. Willkomm M., Die Strand- und Steppengebiete der iberischen Halbinsel. Leipzig 1852.
34. Willkomm M., Spanien und die Balearen (mit botanischen Notizen im Anhang). Bibliothek für Wissenschaft und Literatur, Bd. II, Leipzig (1878).
35. Willkomm M., Die pyrenäische Halbinsel, 3 Bde., 1884 bis 1886.
36. Willkomm M., Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. Bd. I von Engler und Drude: Vegetation der Erde (1896).

Zeichenerklärung.

Ein Dreieck (△) vor einem Pflanzennamen bezeichnet die Arten, welche durch das ganze Mittelmeergebiet verbreitet sind: ein fetter Punkt (●) bezieht sich auf Pflanzen, welche im Mittelmeergebiet und in Mitteleuropa vorkommen. Ein fettes Dreieck (▲) kennzeichnet diejenigen Mittelmeerpflanzen, die bis in den äussersten Orient, Arabien, Mesopotamien, eventuell bis Persien und Vorderindien verbreitet sind.

Ein Ausrufungszeichen (!) verweist auf die anthropochoren Elemente, jedoch wird dieses Zeichen nur innerhalb des fortlaufenden Textes, nicht aber bei Pflanzenlisten, in denen die Ruderalflora immer gesondert aufgeführt ist, verwendet.

(fol.) = nur im vegetativen Zustand, ohne Blüten und Frucht beobachtet oder gesammelt; (fr.) = in Frucht; (fl.) = blühend, im Text jedoch meist nicht besonders hervorgehoben, sodass eine Pflanze, die weder mit (fol.) noch mit (fr.) bezeichnet ist, von uns blühend beobachtet wurde. Die Bezeichnung (fl.) fr. bedeutet somit, dass die betreffende Pflanze am verblühen war und bereits schon mehr oder weniger entwickelte Früchte besass.

Die eingeklammerten Zahlen (1) bis (36) verweisen auf die Literatur.



Phot.: R. Chodat.

Fig. 2. Felsenheide bei Denia.
Windformen vom Johannisbrotbaum (pag. 39).



Phot.: R. Chodat.

Fig. 3. Verkarsteter Gipfel des Mte Mongo bei Denia (pag. 45).



Phot.: R. Chodat.

Fig. 4. Punta de Ifach bei Calpe.
Blick von Calpe gegen Südosten (pag. 57).

I. Das Naturland.

A. Spezieller Teil: — Exkursionsberichte.

1. Mont St. Clair von Cette.*)

17. III. 1905.

Der Mont St. Clair ist ein durch Dünen landfest gewordenes Felsenriff, welches sich unmittelbar südwestlich über Cette auf der Nehrung zwischen dem fischreichen Etang de Thau und dem Golf du Lion erhebt; er erreicht eine Meereshöhe von 180 m. An seinem Nordostabhang baut sich die Villenvorstadt von Cette amphitheatralisch auf. Die zahlreichen Landhäuser liegen mitten in üppigen Gärten, welche leider von hohen epheubekleideten Mauern umgeben und so zum grössten Teil den Blicken entzogen sind. Nur einzelne Gruppen von Steineichen *(△ Quercus ilex* L.*)* und Lorbeergebüsche, die dunkle, düstere Säule einer Cypresse *(▲Cupressus sempervirens* L.*)*, die schirmförmig ausgebreitete Krone einer Pinie *(△ Pinus pinea* L.*)* oder wieder ein kleines Wäldchen von Aleppoföhren *(△ P. halepensis* Mill.*)* mit ihrem aufgelösten, lockeren Nadelwerk ragen über das Gemäuer empor.

Ein gepflasterter Weg führt zu einem kleinen, den Gipfel des Hügels krönenden Wallfahrtskirchlein, in dessen Umgebung noch einige spärliche Reste der ursprünglichen Flora erhalten geblieben sind. Der Boden ist flachgründig und steinig, überall tritt der anstehende Fels zutage. Vor der immer mehr anstürmenden Kultur hat sich hier nur noch eine kümmerliche, sehr verarmte Garigue und eine kaum weniger dürftige Felsenheide zu behaupten vermocht.

Unter den Sträuchern überwiegt die Kermes-Eiche *(△ Quercus coccifera* L.*)*, eine durch das ganze Mittelmeergebiet verbreitete immergrüne Holzpflanze, die meistens sparrige nur wenige Fuss hohe Gestrüppe bildet, dagegen selten baumartig entwickelt ist. Öfters sind sogar die Zweige mit ihren kleinen, kahlen, dornig gezähnelten Blättchen mehr oder weniger dem Boden angepresst. Dazwischen erhebt sich bereits in voller Blüte der Schwarzdorn *(Prunus spinosa* L.*)* und das Harnkraut *(△ Osyris alba* L.*)* entwickelt schon seine langen, dünnen, rutenartigen Sprosse; dagegen sind von *Lavandula latifolia* Vill. und der Filzpflanze *Helichrysum stoechas* DC. erst die Blätter vorhanden. Zwischen den Steinen, aus allen Felsritzen, ganz besonders aber aus dem immergrünen Kleingebüsch sprosst die verzweigte Zwenke *(△ Brachypodium ramosum* [L.] Röm. et Schult.*)*

*) Literatur Nr. 8.

[fol.]) empor. In mehr oder weniger gedrängten Scharen entsendet die unterirdisch kriechende, stark verzweigte Grundachse dünne aber steifliche Äste mit dicht zweizeilig gestellten, derben und glauken Blättern. Zwei Schlinggewächse, die Stechwinde∟ (*Smilax aspera* L. [fol.], mit ihren Nebenblattranken und die spitzblätterige Spargel∟ (*Asparagus acutifolius* L. [fol.]), ein unbewehrter Spreitzklimmer mit kurzen, derben, fast stechenden, nadelartigen Phyllokladien durchsetzen das niedere Gebüsch. Dazu gesellen sich zahlreiche Kräuter, die jedoch meistens noch nicht in Blüte stehen, dagegen öfters Reste der vorjährigen Fruchtstände tragen. Es dominiert entschieden die Frühblütler-Familie der Cruciferen. Viele Vertreter dieser Familie sind sogar schon im jungen Fruchtzustand. so die einjährige ●*Hutchinsia petraea* (L.) R. Brown und eine der allgemein verbreitetsten und gemeinsten Mittelmeerpflanzen, ∟*Lobularia maritima* Desv., eine Pflanze von grosser Anspruchslosigkeit und Anpassungsfähigkeit. ursprünglich ein Bestandteil der Strandflora und der Felsenheide, wird sie jedoch häufig als apophytischer Ansiedler angetroffen: die Kreuzblütler sind ferner noch vertreten durch ●*Erophila verna* (L.) E. Mey!, *Capsella bursa pastoris* (L.) Mönch!, ●*Sisymbrium officinale* (L.) Scop.! ●*Diplotaxis muralis* (L.) DC.! ●*Erucastrum obtusangulum* (Schleich.) Rchb.! ▲*Clipeola Jonthlaspi* L.!, dazu gesellen sich zwei Zwiebelpflanzen: ●▲*Muscari comosum* (L.) Mill. und ●▲*M. neglectum* Guss. und die Blattbüschel des Wurzelknollengewächses ∟*Arum italicum* Mill., dann die stattlichen Büsche der *Euphorbia characias*! L. und ruderal ●▲*E. peplis* L. und ●▲*E. helioscopia* L.! An Mauern wuchert, ähnlich wie bei uns das Cymbelkraut, die △*Veronica cymbalaria* Bod. mit ihren kleinen weisslichen Blüten und den ebenfalls negativ heliotropen Fruchtstielen, auch das Glaskraut ●▲*Parietaria officinalis* L. v. *ramiflora* Mönch! hält sich an das Gemäuer. Zwischen Steinen haben sich angesiedelt: *Plantago cynops* L.! und ●▲*P. coronopus* L.!, der schierlingsblätterige Reiherschnabel (●▲*Erodium cicutarium* (L.) L'Hérit!), die sukkulenten Blattrosetten einer Fetthenne (∟*Sedum altissimum* Poir. [fol.]) und die Filzpflanze ●▲*Marrubium vulgare* L.!, auch die Kompositen fehlen nicht, sie sind vertreten durch ∟*Inula viscosa* Ait.! und ∟*Carlina corymbosa* L., beide tragen noch vorjährige Fruchtköpfchen, ferner ●▲*Senecio vulgaris* L.!, *Lagoseris nemausensis* K.! und die Mariendistel (●▲*Silybum Marianum* [L.] Gärtn.!) welche obwohl noch nicht blühend, leicht an den schön gezeichneten, weissgefleckten grundständigen Blattrosetten zu erkennen ist.

Diese Liste umfasst somit 34 Arten, davon sind 19 typisch mediterran, immerhin erreichen ∟*Arum italicum* Mill. und ●*Hut-*

chinsia petraea (L.) R. Brown. auch noch die Südschweiz. Von diesen mediterranen Pflanzen sind 14 Species (73,5%) durch das ganze Mittelmeerbecken verbreitet, ja mehrere derselben besitzen sogar noch ein grösseres Verbreitungsareal, indem sie zum Teil längs der Küste Westeuropas bis nach England ausstrahlen, *(Hutchinsia, Plantago coronopus* L.*)* oder westlich die kanarischen Inseln erreichen (*^Asparagus acutifolius* L., *^Lobularia maritima* Desv., *Plantago coronopus* L.*)*; elf Arten (▲) dringen bis weit in den Orient vor. *Helichrysum stoechas* DC. und *Lavandula latifolia* Vill. sind dagegen westlich mediterrane Arten, deren Ostgrenze in Dalmatien erreicht wird, letztere Pflanze fehlt auch in Nord-Afrika. Schon in Italien erreichen dagegen ihre Ostgrenze: *Euphorbia characias* L. aus dem Verwandtschaftskreis unsere *E. amygdaloides* L., diese im Süden ersetzend und *Plantago cynops* L; beide fehlen ebenfalls in Nord-Afrika, finden sich dagegen merkwürdigerweise wieder in einem weit vorgeschoben östlichen Vorposten, auf der Insel Kreta. Einzig *Lagoseris nemausensis* K. (= Pterotheca nem. Cass.) besitzt ein engbegrenztes Verbreitungsgebiet, dessen Zentrum in Südfrankreich zu suchen ist, von hier strahlt die Pflanze einerseits nach Catalonien, anderseits bis nach Ligurien und Korsika aus. — Ruderal, auf dem Pflasterweg oder auf Schuttstellen, an Mauern etc., treten nicht weniger als 18 Arten auf.

Als Gesamtcharakter dieser Florula ergibt sich somit: es ist eine ausgesprochene Mischflora; mitteleuropäische und mediterrane Elemente sind nahezu gleich stark vertreten. Der mediterrane Florenbestandteil umfasst zudem hauptsächlich nur allgemein verbreitete Mittelmeerpflanzen, der spezifische Charakter der Florula wird durch die vier westlich mediterranen Arten und *Lagoseris nemausensis* K. bestimmt. Besonders bezeichnend ist endlich die ungewöhnlich grosse Zahl von Ruderalpflanzen, sie umfasst mehr als die Hälfte der aufgenommenen Pflanzenliste (53%), den Hauptkontingent stellen die mitteleuropäischen Arten. Dieses Hineinfluten von Anthropochoren in die ursprünglichen Formationen der Felsenheide und Garigue ist ein ganz rezenter Vorgang, eine Folge der Ausbreitung der Stadt und des Kulturlandes in deren Umgebung. Dieser Vorgang hat nicht nur eine Verarmung der ursprünglichen Flora zur Folge; an Stelle mediterraner Arten stellen sich nordische Elemente *(Senecio vulgaris, Erophila, Capsella, Euphorbia helioscopia etc.)* ein und anpassungsfähige Pflanzen von grossem Verbreitungsareal gewinnen mehr und mehr die Oberhand. So verändert sich das gesamte pflanzengeographische Fazit. Die Flora wird trivialer und erhält ein mehr nordisches Gepräge.

2. Banyuls-sur-Mer.

6. IV. 1905.

Banyuls-sur-Mer liegt am Ostende der Pyrenäen, in nächster Nähe der spanischen Grenze. Am Hafen befindet sich, als Zweiganstalt der Sorbonne, eine maritime Versuchsstation, deren Besichtigung in erster Linie unser Aufenthalt galt. Die zur Verfügung stehende Zeit erlaubte jedoch noch einige kleinere Exkursionen in die nächste Umgebung, die nach drei Richtungen von Interesse waren.

a) Vor den Verheerungen durch die Phylloxera war der Weinbau die Haupterwerbsquelle von Banyuls, auch neuerdings wird die Rebe wieder in grösserem Masstab angepflanzt; doch sieht man überall an den Gehängen der Hügel viele ehemalige Rebterrassen noch völlig brach liegen. Aus den benachbarten Felsenheiden und Garigues wanderten nun Elemente der einheimischen Flora aus und besiedelten den frei gewordenen Boden. △*Lavandula stoechas* (L.) Cav., eine ein bis anderthalb Fuss hohe graufilzige Staude hat oft in beinahe reinen Beständen vom Boden Besitz genommen und befindet sich nun vielfach im Alleinbesitz der ursprünglich für den Weinbau errichteten Terrassen. Grosse Teile des ehemaligen Reblandes sind von der Lavendel so dicht bedeckt, dass man beinahe an Reinkulturen erinnert wird. Einzig ▲*Lepidium Draba* L. gesellt sich stellenweise noch in grösserer Menge bei. Diese gewaltige Invasion der △*Lavandula stoechas* (L.) Cav. nach den verlassenen Rebterrassen ist geradezu ein klassisches Beispiel für eine Apophyte; d. h. für eine Pflanze, welche ursprünglich einen autochthonen Florenbestandteil natürlicher Formationen bildete und nun auf Kulturland übergegangen ist. Die Lavendel ist hier somit zur Anthropochore[1]) geworden.

Diese Pflanze verdient aber noch in anderer Hinsicht Beachtung. Sie verbreitet einen angenehmen süsslich-aromatischen Geruch und die unscheinbaren Blütenähren werden von einem Schopf stark vergrösserter, intensiv gefärbter Deckblätter überragt. Dieser auffällige Schauapparat dient zur Anlockung von Bienen, denn die Lavendel ist eine vorzügliche Bienenblume. Dass unter den Exportartikeln von Banyuls in zweiter Linie der Honig steht, verdankt der Ort wohl hauptsächlich dem massenhaften Auftreten der △*Lavandula stoechas* (L.) Cav.

b) Die umgebenden Hügel sind teilweise noch mit lichten immergrünen Eichengehölzen bedeckt. Neben der Steineiche tritt zum

[1]) Siehe Rikli M., Die Anthropochoren und der Formenkreis des Nasturtium palustre DC. Bericht VIII der zürcher. botanischen Gesellschaft 1901/1903, p. 71 bis 82.
Woodhead T. W., Classification of alien plants according to origin. The naturalist. April 1906.

erstenmal die **Korkeiche** *(Quercus suber* L.*)* auf. Die beiden Eichen bilden bald reine Bestände, bald treten sie zu Mischwäldern vereinigt auf, gelegentlich mengt sich denselben auch die Aleppokiefer bei. Diese Korkeichenwaldungen der Landschaft Roussillon umfassen 1928 ha., d. h. ca. 13 % der Korkwälder Frankreichs. Gegenüber der Provence mit 113,600 ha., der Gascogne mit 24,100 ha. und Korsika mit ca. 9000 ha. Korkeichenwälder kommt somit das Dép. des Pyrenées orientales in vierter und letzter Linie; dagegen soll nach dem Annuaire statistique de la France (1880) dieses Gebiet den besten französischen Kork liefern (19).

Im Unterholz dieser Wälder breitet sich die **Garigueformation** aus. Der △**Rosmarin** steht schon in Blüte, dort prangt das intensive Gelb des **Stechginsters** *(Ulex australis* Clem.*)*, hier das leuchtende Orange der westmediterranen *Genista candicans* L.; beide sind bereits in voller Anthese und in so verschwenderischer Weise mit Blüten überdeckt, dass das Laubwerk fast ganz verschwindet. Dr. H. **Brockmann** sammelte, ebenfalls im April 1905, auch noch ▲*Cistus salvifolius* L. und die zierliche △*Linaria Pelliseriana* Mill.; in Weinbergen ▲●*Linaria arvensis* Desf. und an frischen Orten die △*Aristolochia rotunda* L. Auch △*Lavandula stoechas* (L.) Cav. fehlt nicht. Von diesen Begleitpflanzen der Korkeichenwaldungen beansprucht einzig der kleinblütige Stechginster besonderes Interesse. Die Gattung *Ulex* hat ihr Bildungs- und Massenzentrum auf der iberischen Halbinsel. Von ca. 24 Arten sind 15 in Portugal und Spanien endemisch und nur vier Arten überschreiten im Norden die Pyrenäen. Von diesen dringt unsere Art am wenigsten weit vor, sie hält sich streng an den Küstensaum Südfrankreichs, ihre Ostgrenze wird schon auf der Insel St. Marguerite bei Cannes erreicht. Ulex australis Clem. ist hauptsächlich ost- und südspanisch, wo sie überall massenhaft auftritt. Wir haben sie auf unserer Reise durch die spanische Riviera in allen Garigues und in den meisten Macchien angetroffen und selbst auf der Felsenheide fehlt sie vielerorts nicht. Im Süden geht diese Art bis hoch ins Gebirge. Auf unserer Fahrt von Baza nach Guadix trafen wir *Ulex australis* Clem. noch auf den der Sierra Nevada vorgelagerten Hochsteppen bei 1220 m. Nach **Boissier** und **Willkomm** soll dieser Stechginster in der Sierra Nevada sogar bis gegen 1800 m ansteigen.

c) Ein überaus heftiger Mistral, gegen den nur mit Anstrengung aller Kräfte anzukämpfen war, hält uns jedoch nicht ab, die **Strandfelsen** abzusuchen. Die Flora der Aussenküste war zwar noch sehr zurück, aber die alte Erfahrung, dass die Strandfelsenflora reich an biologisch und pflanzengeographisch interessanten Arten ist, hat

diese kleine Exkursion neuerdings bestätigt. Die Florula besteht fast nur aus drei Arten, welche jedoch in grosser Menge spalierartig den Boden überziehen oder selbst grössere kompakte Polster bilden. Alle drei Arten besitzen grasartige, derbe Blätter und gestaute verholzte Grundachsen oder längere holzige Kriechtriebe. Diese drei Arten sind: ▲*Camphorosma monspeliaca* L. (fol.), in einer sehr xerophytischen, auffallend stark wollig-filzigen Ausbildung. Prof. Flahault hatte die Güte uns mitzuteilen, dass die gesammelten Belegexemplare noch der Winterform der Pflanze entsprechen. Diese eigentümliche Chenopodiacee ist reich verzweigt, die zahlreichen holzigen Seitentriebe sind spalierartig über den Boden ausgebreitet. Die schmallinealen, nadelartigen, ca. 5 mm langen, graugrünen, etwas fleischig und wolligzottigen Blättchen stehen dicht gedrängt, zu kleinen kugeligen Knöspchen und Rosetten vereinigt, welche sich gelegentlich vom Mutterstock loslösen und selbständig bewurzeln. Das Kampferkraut hat eine zirkummediterran-orientalische Verbreitung; die sechs übrigen Arten der Gattung sind alles Steppen- und Strandpflanzen Vorderasiens, welche bereits in Griechenland ihre Westgrenze erreichen. *Plantago subulata* L. hat schon junge Blütentriebe entwickelt, sie gehört zum Verwandtschaftskreis der *P. serpentina* Vill. und besitzt ein sehr zerrissenes Verbreitungsareal. Innerhalb desselben zeigt sie Neigung, lokale Rassen von mehr oder weniger abweichendem Aussehen zu bilden. Die als Typus betrachtete Pflanze findet sich einerseits in den Küstengebieten der östlichen Pyrenäen, zwei isolierte Fundorte sind noch in Catalonien (Montjuich bei Barcelona) und im südöstlichen Zipfel Neu-Castiliens (Sierra de Alcaraz, im Quellgebiet des Quadalquivir) bekannt; anderseits ist sie auch in Süd-Italien, Sizilien und Sardinien verbreitet. Ein *var. granatensis* Willk. gehört der Sierra Nevada und der Sierra d'Estrella an und die *var. insularis* G. G. der Berge Korsikas soll auch in den Gebirgen Griechenlands wiederkehren. Die letzte Art *Plantago recurvata* L. (fol.) = *P. carinata* Schrad. endlich ist ein verbreiteter Bestandteil der Strandfelsenflora der nördlicheren Teile des Mittelmeergebietes, sie geht bis ca. 1500 m in die Bergregion, fehlt aber Nord-Afrika.

3. Zur Flora des nördlichen Cataloniens.

(Port-Bou — Barcelona)

17. III. 1905; 18. III. 1906.

Ohne die menschliche Kulturarbeit wäre das nördliche Catatlonien ein ausgedehntes Waldland. Selbst heute sind noch grosse Teile dieser Provinz mit Wald bedeckt und zwar hauptsächlich

mit lichten Mischwäldern, in denen verschiedene Eichen und Kieferarten vorherrschen. Die fünf Hauptvertreter dieser Waldungen sind: Die Korkeiche, *(Quercus suber* L.*)*, die Steineiche *(△Quercus ilex* L.*)*, die Flaumeiche *(•Quercus lanuginosa* Lam.*)*, die einen wesentlichen Gemengteil fast aller Waldungen Kataloniens bildet und endlich zwei Nadelhölzer: die Aleppokiefer *(△Pinus halepensis* Mill.*)* und die Pinie *(△Pinus pinea* L.*)*, welche oft als Einzelbaum, nicht selten auch horstweise, jedoch nur ausnahmsweise in grösseren Beständen auftritt. Diese „Naturwälder" bekleiden die oberen Teile fast aller Berge und Hügel des nördlichen Cataloniens. In den feuchteren Niederungen längs der Küste und zu beiden Seiten der Flusstäler erstreckt sich das Kulturland; doch fehlt selbst hier der Wald nicht ganz. Von den Olivenhainen, die aus einiger Entfernung einen völlig waldartigen Eindruck erwecken, abgesehen, erheben sich hier zahlreiche, grössere und kleinere Pappelwäldchen *(▲Populus alba* L.*)*. Es sind das jedoch keine „Naturwälder" mehr, denn dieselben werden in regelmässiger Betriebsweise abgeholzt und wiederum aufgeforstet. Die Pappeln stocken besonders auf Schwemmlandsboden, sie werden in langen Reihen angepflanzt; ihr Holz findet in der Tischlerei mannigfache Verwendung. Im ersten Frühling, wenn die Weisspappeln noch nicht belaubt sind, ist der Blick von einem der höheren Berge Cataloniens, etwa vom Montseni oder vom Montserrat sehr eigenartig. Die vielen dunklen Flecke, welche über das noch kahle oder durch hellgrüne Töne gekennzeichnete Kulturland zerstreut sind, nehmen sich von unserer hohen Warte wie ein Panterfell aus.

In allen „Naturwäldern" Cataloniens wird das Unterholz von sehr artenreichen Macchien, in Spanien monte bajo genannt, gebildet; dieselben erreichen jedoch nie die Üppigkeit der korsischen Macchien, wie ich sie auf meiner Reise im Frühjahr 1900 kennen gelernt habe (22). Diese Mischmacchien stehen in der zweiten Hälfte März schon in schönster Blüte, um diese Zeit überwiegen die Gelbblütler, sowohl nach der Art-, als auch nach Individuenzahl. Reine Macchien als selbständige Formation haben wir in Catalonien nur am Montserrat angetroffen. Im Bergland, nördlich von der Mündung des Ebro, scheint der monte bajo fast nur als Unterholz der Wälder aufzutreten. Die Hauptmasse dieser Macchien bilden immergrüne, mediterrane Arten. Hieher gehören: Die Baumheide *(△Erica arborea* L.*)* fl. III/IV, rötlich-weiss; die Besenheide *(Erica scoparia* L.*)* fl. XII—VI, gelblich-grün; der Mucchio fol., *(△Cistus monspeliensis* L.*)* fl. IV/V, weiss; der Erdbeerbaum, fol. *(△Arbutus unedo* L.*)* fl. X—II, weiss; der Rosmarin *(△Rosmarinus officinalis* L.*)* fl. III/V, blau; der vorwiegend westmediterrane lorbeerartige Schneeball *(Viburnum tinus* L.*)*

fl. III—VI, weiss; die schmalblätterige Steinlinde, fol. (△*Phillyrea angustifolia* L.) fl. IV/V, gelblich grün; seltener sind die Myrte, fol. (▲*Myrtus communis* L.) fl. VI—X, weiss und der Granatapfelbaum, fol. (▲*Punica granatum* L.) fl. V/VI, rot. Dazu gesellt sich nun eine ganze Reihe von Pflanzen, von ebenfalls hauptsächlich mediterraner Verbreitung, aber mit sommergrüner Belaubung. Es sind fast alles gelbblütige Papilionaceen: der Besenstrauch, fol. (●*Sarothamnus scoparius* (L.), Wimmer.) fl. V/VI; der stachelige Ginster (*Genista scorpius* DC.) fl. II—VI; diese beiden Pflanzen sind besonders häufig, dann: der Dornginster (*Calycotome spinosa* Link.) fl. III—VIII und der kleinblütige Stechginster (*Ulex australis* Clem.) fl. III—VI.

Eine ganz besonders auffallende Erscheinung ist nun aber, dass diesen Macchien eine stattliche Zahl sommergrüner Arten Mitteleuropas beigemengt sind. Nach der Zahl der Arten erreicht die Liste derselben beinahe die Zahl der immergrünen, mediterranen Bestandteile des Unterholzes, an Individuenzahl treten sie jedoch meistens stark zurück. Nur der sparrige Schwarzdorn (▲●*Prunus spinosa* L.) fl. III, der bereits Mitte März über und über mit seinen weissen Blüten bedeckt ist und sich aus der dunklen Umgebung der immergrünen Hartlaubgehölze besonders wirkungsvoll abhebt und Gebüsche der Flaumeiche (●*Quercus lanuginosa* Lam.) sind in so grosser Menge vorhanden, dass sie wenigstens stellenweise geradezu zu physiognomischer Bedeutung gelangen. Eine untergeordnetere Rolle spielen dagegen die Besenheide (*Calluna vulgaris* Salisb.), die Stechpalme (▲●*Ilex aquifolium* L.), der Flieder (▲●*Ligustrum vulgare* L.), der Hornstrauch (*Cornus sanguinea* L.) und der Weissdorn (●*Crataegus monogyna* Jacq.).

Ja selbst den Wäldern mischen sich, besonders in der Küstenregion, sommergrüne Elemente bei: *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus campestris* L., ●*Sorbus domestica* L., ●*Populus canescens* Sm. und selbst *Fagus silvatica* L. fehlt nicht; in einiger Entfernung von der Küste dringt die Buche sogar bis zum Becken von Teruel (40° 10, n. Br.) nach Süden vor. Die Mengung immergrüner mediterraner und sommergrüner mitteleuropäischer Arten ist somit für die Waldungen der Provinz Gerona geradezu bezeichnend. Schon in der Umgebung von Barcelona treten, wie wir bald sehen werden, die mitteleuropäischen Elemente stark zurück. Übergänge vom sommergrünen zum immergrünen Typus sind übrigens nicht gerade selten. ●▲*Ligustrum vulgare* L. überwintert selbst bei uns öfters mit grünen Blättern, die erst mit der Entfaltung der neuen Blattgeneration im nächsten Frühjahr abgeworfen werden. In Villa-



Phot.: P. Bohny.

Fig. 5. Elche: Teil der Stadt mit dem Palmenwald.

Im Hintergrund Steppenlandschaft und einige weitere, kleinere Palmenoasen. Blick vom Turm der Stadtkirche nach Osten (pag. 64 und 131).

joyosa sahen wir an einer Weisspappel (Populus alba L.) einen Zweig, der neben den jungen zarten diesjährigen, noch einige derbe vorjährige Blätter trug.

Die befriedigenden Bewaldungsverhältnisse und das zahlreiche Auftreten sommergrüner Bäume und Sträucher verdankt Nord-Catalonien seinen verhältnismässig reichlichen Niederschlägen. Die mittlere jährliche Regenmenge schwankt zwischen 60 und 90 cm, schon in Barcelona beträgt dieselbe nur noch 57 cm. Diese ausreichenden Niederschläge machen auch Bewässerungsanlagen, wie sie für die Provinzen Valencia, Alicante und Murcia so bezeichnend sind, überflüssig oder doch nur stellenweise notwendig. Auch das Vorkommen der Macchien selbst bringt den relativen Regenreichtum zum Ausdruck; im Süden fehlen an der Ostküste bis nach Andalusien typische Buschwälder fast ganz. Einzig der Südabfall der Sierra Nevada und das südliche Portugal besitzen wieder ähnliche Niederschlagsverhältnisse wie das nördliche catalonische Bergland, sie haben dementsprechend auch einen ähnlichen Vegetationscharakter. In diesen beiden Gebieten finden sich denn auch die übrigen Korkeichendistrikte der iberischen Halbinsel, nämlich um Malaga, Cadix, Sevilla, Huelva und besonders in der Sierra Aracena, im westlichen Teil der Sierra Morena.

Mit Ausnahme der nordatlantischen Klimaprovinz (nördliche Abdachung des cantabrischen Gebirges, Galizien, Nord- und Mittelportugal; mittlere jährliche Regenmenge 90 bis 160 cm) leidet dagegen der grösste Teil der iberischen Halbinsel an grosser Trockenheit (mittlere jährliche Regenmenge nur 25 bis 50 cm). Diese ungenügenden Niederschläge verhindern das Aufkommen des Waldes, das Land nimmt daher mehr und mehr Steppencharakter an.

Bei der Zusammensetzung der Pflanzenwelt des nördlichen Cataloniens sind folgende Florenelemente beteiligt: es überwiegen die allgemein verbreiteten mediterranen Arten, denen jedoch noch zahlreiche mitteleuropäische Pflanzen beigemengt sind; spärlich vertreten sind die westlich-mediterranen Elemente. Pyrenäenpflanzen finden sich besonders auf den höheren Bergen in grösserer Menge, doch nimmt ihre Zahl nach Süden rasch ab. Ganz besonders tritt jedoch gegenüber den südlichen Provinzen der endemische und nordafrikanische Florenbestandteil sehr stark zurück.

4. Exkursion auf den Tibidabo bei Barcelona.

18. III. 1905 und 19. III. 1906.

Nordwestlich von Barcelona erhebt sich der Tibidabo, ein Vorberg des catalonischen Berglandes zu einer Meereshöhe von 532 m. Der Tibidabo ist ein sehr beliebter, vielbesuchter Ausflugsort der Barce-

lonesen und für uns in doppelter Hinsicht lohnend, weil diese halbtägige Exkursion uns einen Einblick in den Florencharakter der Umgebung von Barcelona gestattete und weil dessen Gipfel eine weite Aussicht auf das Fruchtbecken des Llobregat, auf die Grossstadt und deren Hafen, sowie auf das sich im Westen und Norden ausdehnende Gebirgsland eröffnet. Bis an den fernen Horizont reiht sich in dieser Richtung Gebirgswelle an Gebirgswelle, alles ausgeglichene, abgerundete Formen, dem Typus einer alten Gebirgslandschaft entsprechend. Doch dort erhebt sich der Montserrat als ein ganz fremdes Element im Landschaftsbild, einem aus dem monotonen Gebirgsmeer emporragenden, wildzerrissenen, zackigen Kalkriffe vergleichbar, das alles weit überragt und das unwillkürlich zum Fixpunkt wird, auf dem der Blick haften bleibt. Diesem berühmten Klosterberg, diesem Zentralpunkte des catalonischen Berglandes wird unsere nächste Tagesexkursion gelten.

Die Vorstadt Gracia von Barcelona dehnt sich bereits bis an den Fuss des Tibidabo aus, an den unteren Gehängen des Berges macht sich schon eine lebhafte Bautätigkeit bemerkbar; eine ganze Villenstadt San Gervasio ist in Entstehung begriffen. Zwischen den bebauten Grundstücken liefern zahlreiche Brachäcker und Ruderalplätze eine ansehnliche Ausbeute. Einst scheint hier am Fuss des Berges der Johannisbrotbaum (*Ceratonia siliqua* L.) ziemlich viel angepflanzt gewesen zu sein. Zwischen dem Bauland sind überall noch einzelne, meist jedoch elend zerzauste, über und über mit Strassenstaub bedeckte Exemplare dieses Baumes zu sehen. So hat die Flora des Tibidabo, ähnlich derjenigen des Mont St. Clair bei Cette, schon viel von ihrer Ursprünglichkeit eingebüsst.

Unter diesen Umständen hat sich, besonders im unteren Teil des Berges, eine an Arten reiche Ruderal- und Ackerflora ansiedeln können. Nach unseren Aufzeichnungen umfasst diese Florula 36 Arten. Versuchen wir dieselbe nach der Herkunft ihrer einzelnen Bestandteile zu zergliedern.

a) Auch in Mitteleuropa allgemein verbreitete Ruderalpflanzen (10): ●*Alyssum calycinum* L., *Capsella bursa pastoris* (L.) Mönch meist in einer auffallend kleinen, nur 4 bis 8 cm grossen, sehr starkhaarigen (Stern- und Borstenhaare!) teilweise schon fruchtenden Zwergform (f. *pygmaea* Rikli), ●▲*Stellaria media* (L.) Cirillo, ●▲*Reseda lutea* L., ●▲*Geranium molle* L. und *G. Robertianum* L., ●▲*Euphorbia peplus* L., ●▲*Sherardia arvensis* L., ●▲*Anagallis arvensis* L., *ssp. coerulea* Schreb. und ●▲*Muscari racemosum* L.

b) Arten, die bei uns nur stellenweise, besonders in der West- und Südschweiz verbreitet sind; es handelt sich hauptsächlich um

einen neueren, in der Schweiz noch nicht völlig eingebürgerten Florenbestandteil (8): •*Erucastrum obtusangulum* (Schleich.) Rchb., •*Fumaria capreolata* L., △*Reseda phyteuma* L., •▲*Erodium moschatum* (L.) L'Hérit., •*Mercurialis annua* L., •▲*Parietaria officinalis* L. *var. ramiflora* Mönch = *P. diffusa* M. et V., •▲*Antirrhinum orontium* L. und die bei uns nur im Wallis vorkommende Distel, •▲*Silybum Marianum* (L.) Gärtn.

c) In der Schweiz nur als Ephemerophyten auftretend (2): △*Salvia verbenaca* L., und ▲*Calendula arvensis* L.

d) Spezifisch mediterrane Arten (15). α) die meisten sind durch das ganze Mittelmeergebiet verbreitet oder gehen selbst über dasselbe hinaus, bis nach Madeira und den Canaren (12): △*Lobularia maritima* Desv., ▲*Diplotaxis erucoïdes* (L.) DC., ▲•*Reseda alba* L., △*Lathyrus Clymenum* L., und *L. articulatus* L., ▲*Plantago lagopus* L., △*Paronychia argentea* Lam., △*Convolvulus althaeoides* (L.) Sm., △*Veronica cymbalaria* Bod., △*Linaria supina* (L.) Desf., △*Galactites tomentosa* Mönch, fol. und △*Asphodelus fistulosus* L.; dieser Asphodill ist eigentlich eine Pflanze der Felsenheide, geht aber sehr gerne auf Ruderalstellen über und ist bereits Mitte März am verblühen und absterben. — β) Nur drei Euphorbien zeigen ein etwas ausgeprägteres, pflanzengeographisches Verbreitungsgebiet: *E. biumbellata* Poir. ist eine westlich-mediterrane Pflanze und findet sich nur in Südfrankreich, Catalonien (selten), auf den Balearen und auf Korsika, sowie auch noch in Algerien, *E. serrata* L. ist ebenfalls westmediterran, erreicht jedoch noch Neapel und Sardinien, und *E. characias* L. (siehe p. 11).

e) Dazu gesellen sich endlich noch zwei exotische Neophyten: die Agave (*Agave americana* L.) hat sich auf der Ost- und Südseite des Tibidabo in einzelnen Exemplaren, die zum Teil noch die abgestorbenen, vorjährigen 5—6 m hohen Fruchtstände tragen, angesiedelt. Häufiger wird jedoch die Agave, da sie durch ihre gewaltigen, sukkulenten und bestachelten Blätter einen wirksamen Schutz des Kulturlandes abgibt, längs den Feld- und Hohlwegen (*caminos*.) angepflanzt. Auch ein anderer Fremdling, eine Pflanze Südafrikas, wird unwillkürlich die Aufmerksamkeit des Wanderers erregen; es ist das *Mesembryanthemum acinaciforme* L., das bereits in voller Blüte steht. Der Abhang bei der unteren Station der Tibidabobahn ist damit ganz bedeckt und leuchtet in seinem dunkelroten Schmuck. Dieses Mesembryanthemum ist zwar hier angepflanzt, verwildert jedoch leicht und dringt öfters mit Erfolg zwischen die Bestandteile der einheimischen Pflanzenwelt ein. In einem Bauerngarten bemerkten wir auch eine kleine Safrankultur.

Die folgende Zusammenstellung bringt einen Vergleich zwischen der Anthropochorenflora des M[t] St-Clair bei Cette und derjenigen des Tibidabo bei Barcelona.

	Gesammtzahl der Anthropochoren	In Mitteleuropa heimisch und eingebürgert	%	Mediterrane Arten od. im Mittelmeer eingebürgert	%
Mt. St. Clair b. Cette	18	12 spec.	66 2/3 %	6	33 1/3 %
Tibidabo bei Barcelona	37	18 spec.	49 %	19	51 %

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass nun auch in der Ruderalflora das mediterrane Florenelement das Übergewicht erhalten hat, immerhin ist der Unterschied noch sehr gering.*)

Der oberste Teil des Tibidabo ist mit lichten Pinien- und Aleppoföhrengehölzen bestockt, einzelne der umgebenden Hügel sind sogar noch fast ganz mit Nadelwald bedeckt; z. T. ist es nahezu reiner Pinienwald, demselben ist jedoch stellenweise reichlich ᴸ*P. halepensis* Mill. beigemengt; andere Partien tragen dagegen fast reine Aleppoföhrenbestände. Im Unterholz all dieser Waldungen treten wiederum Macchien oder, wo der Boden zu steinig und trocken wird, was besonders auf der Seite von Barcelona der Fall ist, stellen sich neuerdings Garigues ein, die bei sehr dürftiger Ausbildung stellenweise Uebergänge nach der Felsenheide zeigen.

Macchien. Die Macchie ist am reichlichsten und üppigsten auf den etwas feuchteren und weniger stark der Insolation ausgesetzten Nordwestseiten der Berge entwickelt. In der Umgebung der dunklen, immergrünen Buschwälder nehmen sich die kleinen, jetzt noch unbelaubten, aber ihrer Rinde wegen weisslichen Pappelwäldchen ▲(*Populus alba* L.), welche sich längs den feuchten, im Norden gelegenen Talfurchen hinziehen oder inselartig in den muldenförmigen Vertiefungen angepflanzt sind, besonders eigentümlich aus. Diese Macchien zeigen folgende Zusammensetzung:

ᴸ *Erica arborea* L. (fl.)
– *Arbutus unedo* L. (fol.)
ᴸ *Cistus monspeliensis* L., dominiert auf der Nordseite (fol.)
▲ *C. salvifolius* L. stellenweise vorherrschend.
– *Rhamnus alaternus* L., spärlich.
Rosmarinus officinalis L. (fl.)
– *Lavandula stoechas* (L.) Cav., an lichten Stellen; gelegentlich aus den Garigues in die Macchien eingewandert.

*) Auf der Plattform des Turmes der Kathedrale von Barcelona fand sich zwischen den Steinen reichlich: ●▲ *Solanum nigrum* L. *v. rubrum* Mill.

△ *C. albidus* L. Diese weissfilzige Pflanze entwickelt bereits einzelne ihrer grossen rosaroten, rasch vergänglichen Blüten.
△ *Pistacia lentiscus* L.;
△ *Quercus coccifera* L. reichlich;
Calycotome spinosa Lk., spärlich
△ *Spartium junceum* L. bildet auch ausserhalb der Macchien, am Rand von Torrenten, für sich Gebüsche (fl.);
Ulex australis Clem., stellenweise sehr reichlich und in voller Blüte;

und als häufige Begleitpflanze △ *Rubia peregrina* L., eine Pflanze, welche längs der atlantischen Küste nach Norden bis nach England und Irland vordringt.

Mit Ausnahme von *Calycotome spinosa* Lk., einer westlich-mediterranen Art, welche bereits in Italien-Sizilien ihre Ostgrenze erreicht, und *Ulex australis* Clem. einer vorwiegend iberischen Pflanze, beides übrigens keine typischen Macchien-, sondern eher Gariguepflanzen, — sind alle übrigen 12 Arten durch das ganze Mittelmeergebiet allgemein verbreitet. Die Macchie ist nicht nur die bezeichnendste Formation der Mittelmeerländer, sondern gleichzeitig auch diejenige, welche sich unter den verschiedensten Breite- und Längengraden des weiten Mittelmeergebietes am wenigsten ändert.

Öfters wird der Wald abgeholzt, dann bleibt die Macchie allein übrig. Dasselbe Resultat ergeben Waldbrände und Kahlschläge, in beiden Fällen ist das betroffene Areal für den Hochwald verloren; der immergrüne Buschwald jedoch erneuert sich aus den unterirdischen, verschont gebliebenen Teilen durch Stockausschläge. Einzelne Autoren (Chodat, Flahault), betrachten daher die Macchie überhaupt nur als das übrig gebliebene Unterholz verschwundener Wälder. Diese Auffassung ist gewiss oft zutreffend, das wollen wir nicht bestreiten. Unsere eigenen Beobachtungen auf Korsika, dem klassischen Land der Macchien, lassen es aber zum mindesten als wahrscheinlich erscheinen, dass der mediterrane Buschwald auch noch eine andere Genesis besitzen kann. Einförmige Cistusmacchien bestocken gelegentlich Quadratkilometer weit mit Kies und Geröll bedeckte Alluvialebenen, jugendliche, stets noch im Fluss befindliche Bildungen, die sicher nie mit Wald bestanden waren. Anderseits haben wir wiederholt beobachtet, wie in Getreideäckern, in der Nähe von Macchien, die Stockausschläge der Maquissträucher überall hervorsprossen und durch ihre Menge die Kulturarbeit geradezu in Frage stellen. Der Erdbeerbaum (△ *Arbutus unedo* L.) ist in dieser Hinsicht ein ganz besonders lästiger Geselle. Angesichts dieser Tatsachen dürfte der Entwicklungsgang oft gerade den umgekehrten Weg einschlagen. Ich halte dafür, dass die Macchien genetisch auch eine selbständige,

nicht an den Wald gebundene Formation darstellen. Wenn sie sich selbst überlassen bleiben, gewähren sie jedoch in der Kulturregion der Mittelmeerländer weitaus die günstigsten Lebensbedingungen zur natürlichen Entwicklung von Wald; hat sich der Wald dann eingestellt, so wird damit die ursprünglich reine Macchie mehr und mehr zum Unterholz des neu entstandenen Waldes. Das Ursprüngliche wäre demnach die Macchie, das Sekundäre der Wald.

Serander hat kürzlich in seinem fundamentalen Werk über die Myrmekochoren [1]) auch diese Macchienfrage berührt und sich ebenfalls für die Flahault'sche Theorie erklärt. Er sagt: Garigues sind Überreste des auf Kalkboden stehenden Waldes, Maquis desjenigen, der auf Kieselboden wuchs. Es ist allerdings richtig, dass die Garigues hauptsächlich auf Kalk-, die Macchien auf Urgebirge auftreten, doch nicht immer. Um Miramar, nördlich von Palma auf Mallorca, treten üppige Macchien auf Jurakalken auf, ebenso sah ich typische Macchien an der Westküste des Cap Corse, nördlich von St. Florent auf Korsika: dieselben stocken ebenfalls auf Kalk (Sarmatien, Helvetien der Karte); am Montserrat bedecken Macchien das zwischen 900 und 1200 m gelegene Val Malo, das sich aus kalkhaltigen eocänen Konglomeraten aufbaut.[2]) Das Gipfelplateau des Monte Argentario bei Orbetello, nördlich von Civita vecchia und der grösste Teil der

[1]) *Serander R.* Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. Band 41 Nr. 7, pag. 349 (1906).

[2]) Auf unserer 2. Frühjahrsfahrt nach Spanien (1906) fanden sich in unserer Reisegesellschaft auch mehrere jüngere Geologen, die Herren *R. Beder*, Dr. *P. Bohny*, *G. Escher* und *W. Staub*. Der Freundlichkeit derselben verdanke ich noch folgende Mitteilungen über Geologie und Gesteinsbeschaffenheit von Miramar, Bellver bei Palma und vom Montserrat:

a) Miramar (Mallorca). Der ganze Norden der Insel besteht vorherrschend aus Jura. Die mitgenommenen Handstücke zeigen bei Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure starkes Aufbrausen. Bei Valldemosa tritt ein Kalkstein auf, der sehr an unseren Malmkalk erinnert; bei Soller ist der Kalk von mehr mergeliger Beschaffenheit und enthält Einlagerungen von gefaltetem Gips. Die nordmallorquinische Sierra wird hin und wieder von Eruptionsgängen durchbrochen, solche sind auch im Jura um Miramar angegeben, doch gelang es uns trotz nachhaltigem Suchen nur einige Bruchstücke aufzufinden. Die Stützmauern der Strasse bestanden dagegen fast ausschliesslich aus Kalk.

b) Bellver bei Palma. Die Umgebung des Schlosses von Bellver besteht aus einem tertiären Kalktuff, der nach der Karte miocänen Alters ist. Auf diesem Gestein stockt ein *Pinus halepensis* Bestand mit Macchien als Unterholz.

c) Montserrat. Der Gipfel des Montserrat (über dem Kloster) baut sich aus flachgelagerten eocänen Konglomeraten auf, die wohl — wie die Rigi Nagelfluh von den Alpen — von den Pyrenäen durch mächtige Flüsse in dem Ebrosenkungsbecken abgelagert worden sind. Das Montserratkonglomerat ist polygen, es enthält Kiesel- und Kalkgerölle; das Bindemittel ist Kalk. Exponierte Felsköpfe zeigen oft wunderbar schön die erodierende Tätigkeit des Windgebläses in Form zahlreicher mehr oder weniger parallel-verlaufender Furchen.

Westseite des Berges ist weithin mit dichtem Macchiengestrüpp bedeckt. Die geologische Karte gibt Rhät, bestehend aus Kalk und Dolomit, an. An Ort und Stelle, am 4. April 1900, aufgenommene Aufzeichnungen geben folgendes Bild: Allgemeiner Charakter wie unser Jura, überall tritt der nackte oft eigentümlich in Säulenform oder als bizarre Türme ausgewitterte Kalk zu Tage, dazwischen erstrecken sich mit Kalkblöcken besetzte Blockmeere; der Gipfel des Berges bildet eine mit Macchien dicht verwachsene Hochfläche. Wir versuchten einmal den Weg zu verlassen und den Buschwald zu durchwandern, mussten aber unser Vorhaben bald aufgeben, denn die Macchie war zu dicht. Ja der Juracharakter zeigt sich selbst in der Begleitflora, denn im Geröll steht *Helleborus foetidus* L. und zwischen und unter den typischen Macchiensträuchern, von denen ganz besonders *Arbutus unedo* L. und *Viburnum tinus* L., vorherrschen, sammeln wir *Daphne laureola* L., *Coronilla emerus* L. Anderseits finden sich öfters auch Garigues auf Urgebirge, so in den bei Corte, im zentralen Korsika, mündenden Tälern Restonica und Tavignano, in denen Macchien und Garigues wiederholt miteinander abwechseln. Am Tibidabo ist der Nordwesthang, die Schattenseite des Berges, vorwiegend mit Macchien, der sonnige Südosthang mit Garigues bewachsen. Die Grosszahl der Arten der Macchien treten bekanntlich auch wieder in den Garigues auf, nur viel dürftiger und kümmerlicher entwickelt. Unter den Macchien- beziehungsweise Gariguespflanzen finden sich zudem nur wenige bodenstete Arten, so ist *Rosmarinus* kalkliebend, *Sarothamnus* kieselhold, dagegen sind viele Macchienpflanzen mehr oder weniger ausgesprochen humikol. *(Erica, Arbutus).*

Wenn die Macchie somit hauptsächlich auf Kieselboden auftritt, so ist dies nicht deshalb, weil sich diese Formation vorwiegend aus kieselholden Pflanzen aufbaut, sondern nur deshalb, weil die Macchie als anspruchsvollere Vergesellschaftung eine frischere, tiefgründigere Unterlage, wie dieselbe der verwitterte Urgebirgsboden häufig liefert, verlangt. Bei flachgründigerem Boden werden die Sträucher sofort kleiner und die Macchie offener, in die Zwischenräume fluten nun die Vertreter der Felsenheide hinein, das ist die Garigue, diejenige Vergesellschaftung, welche unter allen Formationen der Mittelmeerländer wohl das grösste Areal in Anspruch nimmt. Nehmen Trockenheit und Flachgründigkeit weiter zu, so erreichen die Sträucher bald kaum noch Fusshöhe, der nackte, steinbesäte Boden gewinnt immer mehr die Oberhand, die Zahl der einjährigen Arten nimmt sehr stark zu, perennierende Kräuter, Zwiebel- und Knollengewächse und xerophytische Gräser werden mehr und mehr vorherrschend, — vor uns breitet sich die Felsenheide aus. Die Garigue, obwohl ihrer Ver-

breitung und Bedeutung nach die Hauptformation der Mittelmeerländer, ist demnach ökologisch doch nur als eine Zwischenformation zwischen Macchie und Felsenheide aufzufassen.

Die Macchie macht übrigens nicht nur an die Bodenbeschaffenheit verhältnismässig grosse Ansprüche, sie verlangt, um sich üppiger entwickeln zu können, eine feuchtere, windgeschützte Lage. Auf dem nur 541 m hohen, aber den heftigsten Winden ausgesetzten Col de Teghime ob Bastia besteht die Macchie nur aus 1—3 Fuss hohem Gestrüpp von gipfeldürrem *Arbutus* und ebenso kümmerlicher *Erica;* nur einige hundert Schritte weiter, am Westhang gegen Patrimonio, bilden die beiden Arten in windgeschützter Lage, in beinahezu gleicher Meereshöhe, wieder zwei bis vier Meter hohe, freudig grüne Gebüsche. Im windgeschützten Val Malo am Montserrat wird Arbutus und Erica noch bei 1200 m über mannshoch. Wie sehr endlich die Niederschläge für die Entwicklung der Macchien von grosser Bedeutung sind, ergibt schon ein Vergleich der West- und Ostküste von Korsika. Macchien von der Dichtigkeit und Üppigkeit wie am Golf von Porto, nördlich von Ajaccio, finden sich an der Ostküste der Insel nirgends (Lit. 22). Dasselbe Bild zeigt der M[te] Argentario; auf der dem Meer zugewendeten Seite ist er mit dichten, immergrünen Buschwäldern, auf der Landseite dagegen nur mit dürftigen Macchien oder Garigues bewachsen.

Garigues. Am Tibidabo sind die Garigues viel verbreiteter als die Macchien, sie sind auf dem gegen Barcelona geneigten, südöstlichen Bergabhang vorherrschend. Je nach der Bodenbeschaffenheit ist diese Formation mehr oder weniger offen, ohne je vollständig geschlossen zu sein. Das Hauptkontingent stellt eine grössere Zahl ein bis etwa drei Fuss hoher Kleinsträucher; in den vorhandenen Lücken siedeln sich dann als Begleitpflanzen zahlreiche Kräuter an, sehr oft sind es Charakter- oder selbst Leitpflanzen der Felsenheide.

a) Hauptbestandteile:

- △ *Quercus coccifera* L. (fol.) vorherrschend.
- △ *Rhamnus alaternus* L. (fl.).
- △ *Daphne gnidium* L. (fol.), die kurzen Blattstiele drehen sich stets so, dass die Blattfläche parallel zum einfallenden Sonnenlicht eingestellt ist; häufig.
- •▲ *Fumana procumbens* Gren. Godr.
- *Calycotome spinosa* Lk. spärlich.
- *Ulex australis* Clem. (fl.), stellenweise massenhaft, so besonders in lichten Pineten.
- ▲ *Cistus salvifolius* L.
- △ *Cistus albidus* L.
- *Thymus vulgaris* L. spärlich.
- △ *Lavandula stoechas* (L.) Cav. reichlich.
- △ *Satureia graeca* L., beginnt zu blühen.
- △ *Globularia alypum* L.

Der interessanteste Vertreter, die einzige europäische Art der sonst tropischen, südamerikanisch- und südasiatischen Familie der Coriariaceen ist der myrtenblättrige Gerberstrauch (*Coriaria myrtifolia* L.). Die in Trauben vereinigten gelblich-grünen Blüten erinneren einigermassen an diejenigen der Reseda; die Pflanze gehört jedoch in den Verwandtschaftskreis der Empetreen. Die jetzige Verbreitung ist auch von Interesse, sie erstreckt sich von den Atlasländern durch die iberische Halbinsel bis nach Südfrankreich und Ligurien, sie fehlt jedoch dem übrigen Italien, dagegen tritt sie noch in einem kleinern Gebiet des östlichen Mittelmeerbeckens, im Peloponnes, auf. Eine sehr nahverwandte, vielleicht sogar identische Art, *C. longaeva* Sap., ist aus dem Miocän von Narbonne bekannt.

b) Begleitflora: Die pflanzengeographisch nicht näher charakterisierten Arten sind durch das ganze Mittelmeergebiet verbreitet.

- *Brachypodium ramosum* (L.) Roem. et Schult. (fol.), sehr reichlich.
- ●▲ *Carex gynobasis* Vill. = C. Halleriana Asso. (fl.), Begleiter der Pineten.
- *Allium triquetrum* L. (fl.) in Gebüsch; ist im östlichen Mittelmeergebiet selten.
- *Asphodelus fistulosus* L., massenhaft.
- ● *Ononis natrix* L. (fl.) allgemein mediterran mit Nordgrenze in der West- u. Südschweiz, Graubünden, Tirol, Kärnten.
- *Astragalus sesameus* L. westlich-mediterran, bis nach Dalmatien und Bosnien verbreitet.
- *Astragalus monspessulanus* L. [illegible] *chlorocyaneus* Costa mit hell schmutzig-grün[illegible]-violetten Blüten, eine nur in Süd-, Zentral- und Ostspanien vorkommende Abart der westlich-mediterranen, bis nach Dalmatien verbreiteten Pflanze.
- *Sedum altissimum* Poir. (fol.).
- ▲ *Plantago psyllium* L. (fol.).
- ▲ *Pl. albicans* L. (fl.), filzig, verbreitete Steppenpflanze.
- ●▲ *Marrubium vulgare* L. (fol.) reichlich, hat Filzblätter.
- *Scrophularia peregrina* L.
- *Phagnalon saxatile* Cass. mit schmallinealen Blättern und zurückgeschlagenen äusseren Involukralblättchen, westlich-mediterran; östlich nur bis nach Süditalien (fl.).
- ● *Ph. rupestre* DC., die Blättchen dieser Art sind lanzettlich, geschweift gezähnt, Involukrum mit stumpfen, anliegenden äusseren Hüllblättchen; [illegible] u. Südfrankreich (f[illegible]

Den Grundstock dieser Garigues bilden somit auch die allgemein verbreiteten Mittelmeerpflanzen, dazu gesellen sich aber nunmehr auch

gesprochen westlich-mediterrane Typen: *Coriaria myrtifolia, Astragalus sesameus, Phagnalon saxatile*, ferner *Ulex australis* Clem. mit dem Hauptzentrum in Süd- und Ostspanien, und endlich *Astragalus chlorocyaneus* R.Br., eine spezifisch iberische Pflanze.

Diese pflanzengeographische Analyse der Flora des Tibidabo hat somit ergeben: Die Anthropochoren umfassen eine Mischflora von weit verbreiteten mitteleuropäischen und mediterranen Arten, Pflanzen von grosser Anpassungs- und Expansionsfähigkeit; die Macchien sind nur aus allgemein verbreiteten Mittelmeerpflanzen zusammengesetzt, die pflanzengeographisch interessanteste Formation ist die Garigue, ihre Flora besitzt einen ausgesprochen westmediterranen Charakter, zwei Arten sind sogar ganz oder vorwiegend iberisch.

5. Der Montserrat.

11. IV. 1906.

Der Besuch des Montserrat nimmt wenigstens einen ganzen Tag in Anspruch; zweckmässiger ist es jedoch zwei Tage zu verwenden und in dem in zwei Drittel Höhe gelegenen, berühmten Benediktinerkloster zu übernachten. Leider nötigte uns die beschränkte Zeit die Exkursion in einer Tagestour auszuführen; so mussten wir darauf verzichten, den Berg von der Sohle des Llobregattales aus zu besteigen; wir benützten daher die Bergbahn von der Station Monistrol zum Kloster. Unsere Beobachtungen über die sehr interessante Flora des Montserrat beziehen sich somit nur auf den oberen Teil des Berges, d. h. von ca. 880 m bis zum Gipfelpunkt des ganzen Gebirgsstockes, dem El Mirador de S. Jeronimo, der eine Meereshöhe von 1241 m erreicht (Tafel I).

Prof. H. Wegelin von Frauenfeld und Dr. H. Brockmann haben am 30. April 1905 den Montserrat von dem auf der Südseite gelegenen Collbato aus bestiegen. Die beiden Herren hatten die Freundlichkeit, mir die gesammelten Pflanzen zur Einsicht einzusenden und mir einige Notizen über den Vegetationscharakter der unteren Bergregion zu überlassen; ich spreche ihnen auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus. In der Umgebung von Collbato finden sich:

Aphyllanthes monspeliensis L., eine Liliacee, welche übrigens von mehreren Autoren als eigene Familie unterschieden wird. Die Pflanze hat einen binsenartigen, sehr xerophytischen Habitus. Die grossen einzelnen oder gezweiten endständigen Blüten sind von tief azurblauer Färbung. Westlich-mediterran: nur in Nordafrika, Spanien, Südfrankreich bis Lyon und Savoyen und in Ligurien verbreitet.

△ *Coris monspeliensis* L. Obwohl eine Primulacee, erinnert doch die Pflanze wegen ihrer zygomorphen Blüten an eine Labiate; sie trägt zahlreiche kleine nadelartige Blätter, die derbborstigen rötlichen Kelchzähne bilden am Ende der Blütentrauben einen eigentlichen Schopf; ▲ *Plantago albicans* L. überzieht den Boden und bildet weissliche Teppiche; bei Collbato tritt diese Pflanze in einer auffallend breitblättrigen Abart auf. Zu ihr gesellt sich als weitere Filzpflanze *Convolvulus lanuginosus* Desr. *v. sericeus* Boiss. (Olesa), sowie *Bromus rubens* L., *Euphorbia polygalaefolia* Boiss. et Reut. △ *Bupleurum fruticosum* L. und *Helichrysum stoechas* DC. Auf den heissen dürren Südabhängen blühen bereits *Linum narbonense* L. und *Linum strictum* L. (La Puda Baños) und dort entfaltet im steinigsten Boden *Uropetalum serotinum* Ker. ihre eigentümlich orangebraunen Blütentrauben; das Verbreitungsareal dieser hyacinthenartigen Liliacee erstreckt sich nur von Nordafrika über die pyrenäische Halbinsel bis ins südliche Frankreich; ein abgesprengter Vorposten findet sich noch in Ligurien. *Genista hispanica* L. v. *hirsuta* WK. ist ein sparriges Kleinsträuchlein aus dem Verwandtschaftskreis unserer Genista germanica L. und von durchaus west-mediterraner Verbreitung; die Ostgrenze wird bereits in Ligurien und Korsika erreicht. Und endlich fand sich unter der Ausbeute von Dr. Brockmann noch eine Novität: *Galium Brockmannii* Briq. spec. nov. 1907 (Textfigur 1).



Fig. 1: *Galium Brockmannii* Briq. spec. nov. Annuaire du conserv. et jard. bot. Genève XI. (1907) p. 107. Vergr. a = 2:1; b u. c = 6:1 (Orig.).

Die Vegetation zwischen dem Kloster (887 m) und dem Gipfel (1241 m) umfasst hauptsächlich vier pflanzliche Vergesellschaftungen: Macchien, Wiesen, die Formation der Felsenflur und die Geröllflora.

1. Die Macchien. Sie erfüllen den grössten Teil des im Windschatten gelegenen Valle Malo, jenes merkwürdigen Hochtales, welches den höchsten Teil des Gebirgsstockes in seiner ganzen Länge von NNW. nach SSO. durchzieht und vom Torrente de Sª Maria durchflossen wird. Diese 2 bis 3 m hohe Macchie breitet sich nicht nur über den ganzen Talgrund aus, sondern sie steigt auch noch weit an den beiden Talflanken empor. Einzelne graubraune, phantastische Felszacken, die sog. Peñascos, bald pyramiden-, bald kegelförmig oder auch ganze kompakte Felsmauern erheben sich hin und wieder aus dem herrlich dunkelgrünen Buschwald, der sonst nur noch an wenigen Stellen durch Geröllhalden unterbrochen wird. Steineiche, Buchs und lorbeerartiger Schneeball sind die drei tonangebenden Arten. Der Buschwald geht bis über die Ermita de S. Jeronimo, welche sich nur ca. 50 m unter dem Gipfelpunkt befindet. Offenbar ist es nur die windoffene Lage, welche die Macchie abhält bis zum höchsten Punkt vorzudringen. So findet am Montserrat eigentlich keine regionale Gliederung der Flora statt, die Verteilung der Pflanzenwelt ist einfach eine Folge der Standortsverhältnisse.

Die Macchie des Valle Malo hat folgende Zusammensetzung:

△*Quercus ilex* L. meistens buschartig, öfters aber auch als Kleinbaum entwickelt.

●▲*Buxus sempervirens* L., besonders im mittleren Teil des Valle Malo massenhaft und sehr oft stark von *Puccinia Buxi* DC. befallen (fl.).

Viburnum tinus L. (fl.) vorwiegend westlich-mediterran, mit Ostgrenze in Dalmatien, im östlichen Mittelmeer nur sehr selten, so z. B. in der unteren Region des Libanon.

▲*Olea europaea* L. v. *oleaster* DC.

Phillyrea latifolia L. und △*Ph. angustifolia* L. (fl.)

△*Erica arborea* L. (fl.) und *E. multiflora* L., bereits verblüht, und *E. cinerea* L. (fl.).

△*Cistus monspeliensis* L., beginnt zu blühen und △*C. albidus* L. (fol.) spärlicher.

△*Arbutus unedo* L. (fol.) selten.

△*Juniperus oxycedrus* L. und *J. phoenicea* L.

△*Pinus halepensis* Mill., ganz vereinzelt, in sehr kümmerlichen Exemplaren.

△*Osyris alba* L. (fol.).

●▲*Ilex aquifolium* L. (fol.).

Auch die drei charakteristischen Schlingpflanzen der Macchien: △*Smilax aspera* L., △*Rubia peregrina* L., △*Asparagus acutifolius* L., fehlen nicht. Die Begleitflora des Unterholzes setzt sich

aus folgenden Arten zusammen: ▲● *Ruscus aculeatus* L. ● *Daphne laureola* L., ziemlich häufig, *Genista scorpius* DC. (fl.), ᴸ *Globularia alypum* L., *Rosa spec.* (fr.), wie mir Dr. W. Bernoulli mitteilt, ähneln die Belegexemplare einer Rose von der Sierra de Pina (Valencia), die von Pau 1888 als *R. Pouzini* Tratt. × *micrantha* Sm. bezeichnet wurde. Diese letzteren Arten treten immer an offenen, steinig-felsigen Stellen auf. Im Gebüsch blüht in Menge *Anemone hepatica* L., v. *hispanica* Wk., eine entoiberische Varietät des durch ganz Europa bis Nordafrika, durch Nordasien und Nordamerika verbreiteten Leberblümchens.

Gegenüber den Macchien und Garigues des Tibidabo ergeben sich einige bezeichnende Unterschiede. Dort Vorherrschen von ᴸ *Quercus coccifera* L. und *Ulex australis* Clem., hier dagegen ᴸ *Quercus ilex* L. und *Genista scorpius* DC. Neu sind gegenüber unseren Aufzeichnungen von Tibidabo: ᴸ *Juniperus oxycedrus* L. und ᴸ *J. phoenicea* L., *Phillyrea*, ᴸ *Olea europaea* L. var. *oleaster* DC., *Viburnum tinus* L., *Erica multiflora* L., ᴸ *Osyris*, sowie einige atlantische Arten: ▲ *Ilex*, ▲ *Buxus*, ● *Daphne laureola* L. und die vorwiegend atlantische Geröllpflanze *Helleborus foetidus* L. Dagegen vermissten wir am Montserrat: ▲ *Cistus salvifolius* L., ᴸ *Pistacia*, ᴸ *Rosmarinus*, *Calycotome spinosa* Lk., ᴸ *Rhamnus alaternus* L. Die andere Gesteinsbeschaffenheit, die Höhenlage, der Windschutz und gewiss auch die reichlicheren Niederschläge, auf die wir die üppige Entfaltung dieser Buschwälder und das Vorkommen der atlantischen Bestandteile zurückzuführen geneigt sind, veranlassen diesen ziemlich auffälligen Wechsel in der Zusammensetzung der Macchien des Montserrat gegenüber denjenigen des Tibidabo.

2. Die Wiesenformation. Wir haben diese Formation nur in der Umgebung der Ermita de S. Jeronimo in sehr windoffenen Lagen zwischen den obersten Vorposten der Macchien angetroffen. Auf diesen kurzrasigen Wiesen entfaltete eben der zierliche *Narcissus juncifolius* Lag. in grosser Menge seine kleinen, gelben Blütensterne, auch *Gladiolus illyricus* Koch (fol.) und ᴸ *Brunella grandiflora* (L.) Jacq. finden sich noch hier oben. Die schönste Flora entfalten jedoch diese Wiesen erst Ende April oder Anfang Mai, zur Zeit der Orchideenblüte.

3. Geröllflora: Hieher *Helleborus foetidus* L. (fl.); ●▲ *Saponaria ocymoides* L. (fol.), *Astragalus monspessulanus* L. v. *chlorocyaneus* Costa (fl.); ▲ *Teucrium polium* L. (fl.): auch *Narcissus juncifolius* Lag. tritt als Geröllpflanze auf. An heissen, direkter Besonnung ausgesetzten Standorten finden sich: *Bupleurum fruticescens* L. mit steifen, stark verlängerten Ästen und lineal-lanzettlichen

Blättern (fol.), eine iberische Pflanze, die ausserhalb Spanien nur noch von einem südfranzösischen Standort, zwischen Narbonne und Perpignan bekannt ist. *Helianthemum origanifolium* (Lam.) P. v. *lanceolatum* Wk. von ganz analogem Verbreitungsareal, nur geht die Art westlich bis Portugal und östlich bis in die Gegend von Marseille, endlich *Globularia Cambessedesii* Wk. v. *hispanica Willk.*, eine nur in Spanien auftretende Pflanze, ferner *Ranunculus gramineus* L. v. *scorzoneraefolius Freyn*, von ca. 1000 m an, an steinigen Orten.

An steinigen Stellen zwischen dem Rasen des Gipfelkegels tritt endlich *Polygala calcareum F. Schultz* und *Potentilla opaca* L. auf, letztere in einer Form, die, wie mir Dr. W. Bernoulli mitteilte, der P. pseudorubens Siegfrd. von der Ravellenfluh nahe steht. Im Unterschied zur Macchie und Bergwiese macht sich mithin in der Geröllflora bereits auch das endemische Element bemerkbar.

4. Die Felsenflur. Aus allen Spalten und Ritzen der Felspyramiden und Felsmauern wachsen an den schattigen Standorten Pflanzen hervor, die stellenweise, besonders an feuchten Nordlagen, die Felsen mit einem zusammenhängenden, saftig-grünen Teppich förmlich bekleiden. •▲Hedera helix überzieht oft ganze Felsmauern und gewährt anderen Arten festen Halt zur erfolgreichen Ansiedelung, auch Moose stellen sich ein und bilden schwellende Polster. Es sind diese Felsfluren der biologisch wie pflanzengeographisch interessanteste Bestandteil der Flora des Montserrat, reich an pyrenäischen, noch reicher an endemischen Arten. Leider sind es meistens Sommerpflanzen, die daher bei unserem Besuch noch nicht in Blüte standen. Immerhin war es uns doch vergönnt beim Abstieg durch den steilen, schmalen Barranco, der von der Ermita S. Miguel direkt auf das Kloster herabführt, einen Einblick in die eigenartigen Lebensbedingungen dieser Flora zu erhalten; sie vegetiert in den mit dunkler humöser Erde ausgefüllten Felsritzen und entwickelt fast durchgehend grosse, dünne Blattflächen. Die auf Seite 31 folgende Zusammenstellung gliedert die auf den Felsfluren auftretenden Arten und Abarten nach Florenelementen, teils auf Grund unserer Aufzeichnungen, teils nach Willkomm. (36 p. 115.)

Auf dem Gipfel des Montserrat fand *Dr. H. Brockmann* bei 1230 m die Bärentraube [•Arctostaphylos uva ursi (L.) Spreng]. Brockmann bemerkt zu diesem neuen Fundort der Bärentraube: „Dieser wenige Exemplare umfassende Standort dürfte wohl als ein Beweis gelten, wie beerentragende Pflanzen durch Vögel weit verschleppt werden". Der Montserrat ist ca. 70 km von den Pyrenäen entfernt und hat wohl von dort diese Pflanze, bei der ein „schrittweises Wandern" in diesem Fall gänzlich ausgeschlossen ist, erhalten. Dieses

Verhalten dürfte wohl wieder einmal ein Beweis dafür sein, wie vorsichtig wir bei den Standorten von Arctostaphylos uva ursi im schweizerischen Molasseland sein müssen. Um wie viel eher kann es sich bei uns um Verschleppung durch Vögel handeln? Die Herkunft aus der Rückzugzeit der Gletscher abzuleiten, wäre dann ganz unnötig".

Iberische Pflanzen.	Pyrenäenpflanzen.	Weitere Florenelemente.
Tulipa australis Lk. v. *montana* Wk.	*Erodium macradenum* l'Hérit.	• *Asplenum fontanum* (L.) Bernh. vorwiegend Gebirge West-Europas.
Fritillaria Boissieri Costa.	*E. petraeum* (Gou.) W.	• *Sesleria coerulea* L. s. sp. *calcarea Celak* v. *angustifolia* Hackel et Beck. (fl.)
Anemone helpatica L. v. *hispanica* Wk.	*Teucrium pyrenaicum* L. (auch noch in der Dauphiné).	*Sarcocapnos enneaphylla,* DC. (fol.), vorwiegend iberisch, aber auch noch in Südfrankreich. Die blau-grünen, brüchigen Blätter von Asplenum-artigem Aussehen.
Silene crassicaulis Wk. Nächst verwandt mit der algerischen S. rosularis Coss.	*Ramondia pyrenaïca* Rich. (fol.), in grosser Menge bis auf ca. 900 m herab; südlichster Standort der Pflanze.	• *Potentilla caulecsens* L. (fol.).
Viola Willkommii Roem.	*Galium papillosum* Lap.	▲• *Carex gynobasis Vill.* = C. Halleriana Asso.
*) *Erodium supracanum* (Cav.) l'Hérit.		
Saxifraga catalaunica Boiss.		
Crepis albida Vill. v. *macrocephala* Wk.		
Hieracium candidum Scheele.		
Hieracium lychnitis Scheele.		
Hieracium macrophyllum Scheele.		
Hieracium nitidum Scheele.		
Hieracium purpurascens Scheele.		
*) Nur vom Montserrat bekannt.		

5. Ruderalflora der Wegborde und der Umgebung des Klosters: *Euphorbia serrata* L. mit Rost ganz bedeckt. • *Reseda phyteuma* L., ^ *Convolvulus althaeoides* (L.) Sm., *Sideritis romana* L., •▲ *Asperula arvensis* L., Aecker bei Olesa. ▲ *Calendula arvensis* L.; an Wegborden, wie auch in Ufergebüschen z. B. bei la Puda findet sich *Coriaria myrtifolia* L.

Die Flora des Montserrat zeigt somit einen ungewöhnlichen Reichtum. Auffallend gross ist die Zahl iberischer Arten, bezw.

Abarten; dazu gesellen sich mehrere Pyrenäenpflanzen, die zum Teil hier ihre absolute Südgrenze erreichen; auch der übrige Teil der Flora enthält noch mehrere Pflanzen, deren Verbreitungsareal von grösserem pflanzengeographischem Interesse ist. Es ist dies keine vereinzelte Erscheinung. In den Provinzen Valencia und Alicante werden wir die überaus reichen Floren anderer Gebirgsstöcke kennen lernen. Fast jede dieser Sierren hat ihre eigene Pflanzenwelt, darunter finden sich öfters Endemismen von äusserst beschränkter Verbreitung.

6. Exkursion nach dem römischen Aquadukt bei Tarragona.

19. III. 1905.

Der Botaniker, der von Barcelona nach Tarragona kommt, wird in der Umgebung dieser Stadt vergebens nach Wald und Macchien suchen, doch vermögen die ausgedehnten Olivenhaine und Johannisbrotpflanzungen im Landschaftsbild den Wald einigermassen zu ersetzen. Das Land ist flach, zum Teil etwas hügelig und, soweit es nicht bebaut ist, vorherrschend mit Felsenheiden und Tomillares bedeckt; einzig in dem Tälchen, über welches der römische Aquadukt führt, sind beide im Windschutz gelegene und etwas feuchteren Abhänge mit einer verhältnismässig üppigen und reichhaltigen Garigue bedeckt, welche eine ganze Reihe neuer Arten aufweist. Auf Bauland, brachliegenden Feldern und längs den Strassen haben sich endlich vor der Stadt viele Ruderalpflanzen angesiedelt. So hatten wir Gelegenheit, auf unserer Exkursion nach dem etwa 4 km westlich von Tarragona gelegenen römischen Aquadukt vier Pflanzenvergesellschaftungen kennen zu lernen.

1. Die Ruderalflora. Die Eselsgurke △ *Momordica elaterium* L. hat neben den Blüten bereits junge Springfrüchte, welche im Augenblick, wo sie sich vom Stiel loslösen, durch Kontraktion der Fruchtwandung, die Samen explosionsartig fortschleudern.

▲● *Adiantum capillus veneris* L. an feuchten Mauern.
▲ *Lamarckia aurea* Mönch.
▲ *Diplotaxis erucoides* (L.) DC.
● *Diplotaxis muralis* (L.) DC.
▲ *Potentilla anserina* L.
▲ *Oxalis corniculata* L.
● *Geranium rotundifolium* L.
▲● *Plantago coronopus* L.
● *Euphorbia exigua* L.
● *Mentha rotundifolia* (L.) Huds.
▲● *Sherardia arvensis* L.
▲ *Calendula arvensis* L.
△ *Inula viscosa* Ait. (fr.) fol.

Trotzdem Tarragona fast unter der Breitenlage von Neapel liegt, so ist selbst hier noch die Adventivflora eine typische Mischflora mitteleuropäischer und allgemein verbreiteter Mittelmeerpflanzen; beide Bestandteile sind ungefähr gleich stark vertreten.



Fig. 6. Orihuela, auf halber Höhe der Sierra das Seminario de S. Miguel.
Blick vom Ufer der Segura oberhalb der Stadt nach Nordosten (pag. 71).



R. Chodat

. 7. Halfasteppe bei Orihuela.
grund Olivenhaine als Pioniere der Kultur (pag. 78, 137).



Phot.: R. Chodat.

Fig. 8. In Getreidefluren und Olivenhaine umgewandeltes Steppenland.
Tal des Rio dulce bei Orihuela (pag. 138).



II. Felsenheiden. Sie lassen zwei Facies unterscheiden, je nachdem △*Asphodelus fistulosus* L. oder ▲*Passerina hirsuta* L. die führende Rolle beansprucht. Auffallend gross ist die Zahl von Filzpflanzen: *Cynoglossum cheirifolium* L. geht zwar nördlich bis nach Südfrankreich, ist aber hauptsächlich im südlichen Teile des westlichen Mittelmeerbeckens verbreitet; sie ist mit ihren, ein dichtweisses Indument tragenden Blättern und den zuerst rötlichen, beim Abblühen jedoch dunkelviolett werdenden Blüten, eine reizende Erscheinung; dazu gesellen sich die kleinen, wollig-filzigen Kugeln der △*Evax pygmaea* (L.) Pers., ferner ●*Helianthemum appeninum* (L.) Lam. v. *angustifolium* Koch mit lineallanzettlichen, am Rande umgerollten Blättern. Von △*Ajuga iva* Schreb., ▲●*Marrubium vulgare* L., ▲*Verbascum sinuatum* L. sind erst die Blätter entwickelt. Die folgenden Species sind zwar keine eigentlichen Filzpflanzen, doch werden die Laubblätter durch eine reichliche, seidige oder wollige Behaarung geschützt: *Euphorbia characias* L., △*Lobularia maritima* Desv., ▲*Plantago albicans* L. und ▲*Phagnalon rupestre* DC.

Viele Arten der Felsenheide sind ein- oder zweijährig. Von den Filzpflanzen gehören hierher: *Cynoglossum cheirifolium* L., ▲*Verbascum sinuatum* L., △*Evax pygmaea* (L.) Pers., dazu kommen ferner: ●*Mercurialis annua* L. in einer sehr eigentümlichen, nur 6–12 cm hohen Kümmerform mit stark gestauten Internodien. △*Scorpiurus subvillosa* L., △*Echium calycinum* Viv., △*Bellis annua* L. und ●*Scorzonera laciniata* L. Oft stellt sich auch △*Asphodelus fistulosus* L. massenhaft ein, doch der Asphodill ist schon Anfang April verblüht, bald sterben dann die oberirdischen Teile ab, so dass demselben im Vegetationsbild eine ähnliche Rolle zukommt wie den Einjährigen. Bereits gegen Ende April sind all' diese Pflanzen meistens schon von der Bildfläche verschwunden, die Lücken im Vegetationsteppich werden immer grösser und das Vorwiegen der Filzpflanzen in dem mehr und mehr vorherrschenden grauen Farbenton der Felsenheide immer auffälliger.

Auch einige Gräser sind vorhanden: ▲*Andropogon hirtum* L. und △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S.; endlich fehlen auch die Kleinsträucher, Stauden und mehrjährigen Kräuter nicht ganz: *Thymus vulgaris* L., △*Satureia graeca* L., △*Salvia verbenaca* L., ●*Helianthemum alpestre* (Jacq.) Dunal, △*Paronychia argentea* Lam. — Die Leitpflanze der Passerinaheide, ▲*Passerina hirsuta* L. mit ihren kleinen, immergrünen, schuppenartigen, sich mehr oder weniger dachziegelartig deckenden Blättern und den zierlich überhängenden Zweigenden, haben wir nur an einer Stelle reichlich angetroffen. So interessant biologisch diese Felsenheiden von Tarragona

sind, so geringes Interesse beanspruchen sie in pflanzengeographischer Hinsicht, handelt es sich doch fast ausschliesslich wieder um Pflanzen, die durch das ganze Mittelmeergebiet verbreitet sind.

III. Tomillares. Unter diesem Namen versteht man Felsenheiden mit vorherrschend verholzten Labiaten, wie sie für grosse Teile Spaniens so bezeichnend sind; es ist eine äusserst monotone Vergesellschaftung von xerophilen Kleinsträuchern, — eine Übergangsformation zur Garigue. Auf dem sehr trockenen und steinigen, ebenen bis schwach welligen Gelände um den Alto del Olivo, Ruinenreste einer 1811 von den Franzosen zerstörten Befestigung, bedecken die Tomillares grössere Flächen. Leitpflanze ist *Thymus vulgaris* L., sehr häufig sind auch vertreten: der △*Rosmarin*, die *Lavandula latifolia* Vill. (fol.)? und *Helichrysum stoechas* DC. (fl.) Aus den benachbarten Felsenheiden hat sich △*Asphodelus fistulosus* L. eingestellt und längs dem Flurwege sammeln wir noch △*Vaillantia muralis* L. und △*Clematis flammula* L.

IV. Garigues. Formationsliste:

△*Quercus coccifera* L. (fol.), Leitpflanze, aber niedrig, nur 1—2′ hoch.

Chamaerops humilis L. (fol.), stellenweise sehr reichlich, jedoch klein und niedrig, mehr oder weniger dem Boden angepresst.

Ulex australis Clem., sehr häufig, bildet öfters kugelige Büsche.

△*Rosmarinus officinalis* L. reichlich.

Thymelaea tinctoria Endl. bildet ebenfalls Kugelbüsche.

△*Rhamnus alaternus* L. in einer auffallend kleinblätterigen Ausbildung, deren Zweige dem Boden angepresst sind, — eine Annäherungsform an die v. balearica Wk.

Rhamnus lycioides L. (fol.), ein sparriger Kleinstrauch mit nach allen Seiten abstehenden, mehr oder weniger verkürzten Zweigdornen und dünnen, lineallanzettlichen, leicht abfälligen Blättchen.

▲*Olea europaea* L. *v. oleaster* DC. (fol.), knorrige, 2—3′ hohe Büsche bildend.

△*Phillyrea media* L. (fol.) △*Pistacia lentiscus* L. spärlich.

△*Cistus monspeliensis* L. ▲*Cistus salvifolius* L.

△*Cistus albidus* L., doch hauptsächlich im nordwestlichen Gebiet verbreitet.

C. Clusii Dun. mit schmal-linealen, fast nadelartigen Blättern.

Die Cistrosen beginnen bereits zu blühen, am weitesten vorgeschritten ist C. Clusii.

Erica multiflora L. (fol.), bereits verblüht. *Lavandula latifolia* (?) Vill. (fol.)

▲●*Ruscus aculeatus* L.

Bupleurum fruticescens L. (fol.) *Thymus vulgaris* L.

Die Garigue ist ziemlich dicht geschlossen, so dass für die Begleitflora nicht mehr viel Raum übrig bleibt. Auf dem Rosmarin und den verschiedenen Cistusarten schmarotzt eine rotbraune Orobanche, *Ceratocalyx macrolepis* Coss.; im Gebüsch klimmt auch hier überall wieder das △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S.; dazu gesellen sich zwei Schlingpflanzen: △*Asparagus acutifolius* L. und △*Smilax aspera* L. Die Jonquille (*Narcissus juncifolius* Lag.) lässt ihre graziösen, kleinen gelben Blütensterne dem steinigen Boden entsprossen; dort entfaltet *Euphorbia characias* L. ihre reichblütigen Cymen und hier erhebt sich der schlanken Blütentrieb der ▲*Ruta chalepensis* L., *var. angustifolia* (Pers.), Wk., leicht kenntlich an den tiefzerschlitzten Blütenblättern.

Der auffallendste Bestandteil dieser Garigue ist die europäische Zwergpalme, eine typisch westmediterrane Pflanze, die vom südlichen Portugal, durch Süd- und Ostspanien und über die Balearen bis Sardinien, Sizilien und das westliche Italien verbreitet ist und auch in Nordafrika vielfach bestandbildend auftritt. Die Polargrenze der Zwergpalme liegt um Nizza bei 43° 44', in Spanien dagegen erreicht sie nicht einmal die Breite von Barcelona. Wir haben sie zuerst an der Steilküste bei Sitges beobachtet, daselbst krönt sie Felsköpfe und Erdpyramiden. Nur selten kommt es zur Entwicklung eines eigentlichen Stammes, wohl nur deshalb nicht, weil die Palmitoformation zu sehr ausgebeutet wird. Man gewinnt daraus den Palmkohl, der einen sehr angenehmen, haselnussartigen Geschmack besitzen soll, und die Blätter werden massenhaft abgeschnitten, um aus ihnen allerlei Flechtwerke herzustellen. Am Fuss der Atalaya de Albercuitx, östlich von Pollensa auf Mallorca beobachteten wir immerhin Stämme, welche 1,70 m massen. Westmediterran ist auch *Thymus vulgaris* L. mit der Ostgrenze im westlichen Italien, und *Lavandula latifolia* Vill., welche jedoch noch Dalmatien erreicht. Diese beiden letzten Pflanzen fehlen dagegen Nordafrika. Weitere drei Arten sind iberisch-mauritanisch: *Ceratocalyx macrolepis* Coss., *Rhamnus lycioides* L. (auch noch auf den Balearen) und *Cistus Clusii* Dun. (noch auf den Balearen und Sizilien); — *Narcissus juncifolius* Lag. ist hauptsächlich iberisch; Verbreitung: Selten in Südportugal, häufig in Zentral- und Ostspanien, in den Pyrenäen und von da durch Südfrankreich bis zum Mont Ventoux ausstrahlend; eine merkwürdig versprengte Station findet sich in Korsika, auf dem Monte Renoso. Als iberisches Element, obwohl teilweise noch nach Südfrankreich übergreifend, haben wir bereits *Ulex australis Clem.* (in Südfrankreich verbreitet und häufig) und *Bupleurum fruticescens* L. (mit einer französischen Station) kennen gelernt, dazu kommt nun noch

die *Thymelaea tinctoria* Endl., von der in Frankreich auch nur ein einziger Standort im Departement le Gard bekannt geworden ist.

7. Denia und Umgebung.

21./22., 24. III. 1905.

Denia, ein kleineres Küstenstädtchen, ist nordwestlich vom Cabo de la Nao, am südlichen Ufer des Golfes von Valencia gelegen. Auf mehreren teils ganz-, teils halbtägigen Exkursionen hatten wir reichlich Gelegenheit, uns mit dem Vegetationscharakter der Umgebung bekannt zu machen.

a) Flora des Felsenriffes des Castillo de Denia.

Mitten aus dem etwa 12000 Einwohner zählenden, reizend gelegenen Denia erhebt sich, gerade über dem Hafen, ein Felshügel mit einer zerfallenen Burgruine. Von der Höhe schweift der Blick auf den mit Barken belebten Hafen, dessen sehr seichte Gewässer durch eine üppige Algenvegetation (*Ulva lactuca* L., *Padina pavonia* (L.) Gaill., *Cystoseira erucoides* Ag.) fast verlandet sind und jetzt zur Ebbezeit sich wie eine üppig grüne Wiese ausnehmen. Zu unseren Füssen liegt das malerische Städtchen mit seinen kleinen, schmucklosen Häuschen und den schmalen, planlos verlaufenden Gässchen. Im Norden dehnt sich in weitem Bogen der Golf von Valencia, eine ganze Farbenskala entfaltend, aus. Vom dunkelgrünen Hafenbecken geht es zum tiefen Azurblau des offenen Meeres, das endlich gegen den Horizont allmählich in ein verschwommenes Blaugrau übergeht. Diese Flachküste wird nur vom Felsen von Sagunt unterbrochen. Im Osten ist das Bild dagegen bis zum Cabo de S. Antonio von einer reichgegliederten Steilküste begrenzt, koulissenartig verläuft ein umbrandeter Felsenvorsprung hinter dem anderen, öfters gekrönt von halbzerfallenen Windmühlen oder Warttürmen und, kaum mehr wahrnehmbar, erheben sich in weiter Ferne die Berginseln der Pithyusen aus der mit einer ganzen Flotille von Segelschiffen belebten See. Im Süden aber liegt das Bergland der Halbinsel von Alcoy, das Kalkriff des Monte Mongo beherrscht hier das Landschaftsbild und im Westen erstreckt sich längs der Küste die fruchtbare Huerta. Parallel zur Strandlinie verläuft, in der Richtung auf Oliva und Gandia, eine stattliche Palmenallee; ein Garten, mit Granatapfelbäumen bepflanzt, liegt unmittelbar vor der alten, zerfallenen Stadtmauer. Hohe, schlanke Arundo Donax-Hecken begrenzen die einzelnen Grundstücke und gewähren gleichzeitig einigen Schutz gegen die ungestümen Seewinde. Dort erfreut das Auge das dunkle Grün eines Orangengartens, abe-

als wichtigste Kulturpflanze beherrscht die Rebe die Umgebung der Stadt. Die ganze Strandebene, die umgebenden Hügel und selbst am unteren Teile des Mongo hat der Mensch z. T. im steinig terrassierten Gelände seine Weinfelder und Weinberge angelegt; erst die senkrecht abstürzenden Felswände dieses Berges haben der Kulturarbeit ein unüberwindliches Hindernis entgegengestellt. Das ist Denia, das wir für dreieinhalb Tage zu unserem Standquartier gewählt haben.

An dem Kastellberg hat sich eine sehr reiche Vegetation angesiedelt. Gross ist naturgemäss die Zahl der auf Schuttplätzen und zwischen den gewaltigen Mauerresten angesiedelten Anthropochoren, nicht unbeträchtlich ist aber auch die Felsenheide — und die eigentliche Felsflora, doch ist es oft schwierig, diese Florenbestandteile auseinander zu halten, da die Standorte öfters sehr rasch wechseln.

α) Ruderalflora.

△ *Lagurus ovatus* L. ⊙
△ *Urtica membranacea* Poir. ⊙
▲● *Parietaria officinalis* L. *var. ramiflora* Mönch.
Emex spinosa Campd. ⊙
△ *Paronychia argentea* Lam.
● *Polycarpon tetraphyllum* L. ⊙
▲ *Diplotaxis erucoides* (L.) DC. ⊙
● *Lepidium graminifolium* L.
△ *Ranunculus parviflorus* L. ⊙
● *Fumaria capreolata* L. ⊙
△ *Lotus ornithopodioides* L. ⊙
▲ *Trifolium stellatum* L. ⊙
● *Vicia hybrida* L. ⊙
▲ *Foeniculum vulgare* Mill.
△ *Umbilicus pendulinus* DC. (fol.)
▲● *Euphorbia helioscopia* L. *v. atrorubens* Rikli nov. v., mit roten Drüsen. ⊙
△ *E. pinea* L. ⊙
● *Mercurialis annua* L. ⊙
▲ *Plantago psyllium* L. ⊙
△ *Convolvulus althaeoides* (L.) Sm.
△ *Borrago officinalis* L. ⊙
△ *Echium calycinum* Viv. ⊙
△ *Echium plantagineum* L. ⊙
▲ *Verbascum sinuatum* L. ⊙
▲● *Antirrhinum orontium* L. ⊙
△ *Hyoscyamus albus* L. ⊙
▲● *Sherardia arvensis* L. ⊙
▲● *Anagallis arvensis* L. *s. spec. coerulea* Schreb. ⊙
△ *Galium saccharatum* All. ⊙
▲ *Sonchus tenerrimus* L. ⊙
● *Centaurea calcitrapa* L. ⊙
▲ *Picridium tingitanum* Desf.
△ *Hyoseris scabra* L. ⊙
▲● *Silybum Marianum* (L.) Gärtn. ⊙
▲△ *Carduus pycnocephalus* L. ⊙

Diese Liste umfasst 35 Arten, davon erreichen nur noch 12 Spezies (34 %) Mitteleuropa; es handelt sich zudem um Pflanzen, die in Mitteleuropa meist nur selten, oft sogar nur ruderal und zudem fast nur in den südlicheren Teilen auftreten.

Zwei Arten sind vorwiegend südlich mediterran (Emex, Picridium tingitanum). Den Grundstock bilden die allgemein verbreiteten Mittelmeerpflanzen, welche in Mitteleuropa ganz fehlen, dagegen z. T. bis weit in Orient verbreitet sind (15 spec. = 43 %), und teilweise längs

der atlantischen Küste bis nach Nordfrankreich, England, Belgien, ja selbst bis nach Norddeutschland vordringen, es sind 20 Arten (ca. 60%); — Arten, die ihr Hauptverbreitungszentrum in Mitteleuropa haben, fehlen fast ganz. In Denia, dessen Breitenlage derjenigen Kalabriens entspricht, hat das mediterrane Florenelement somit auch in der Ruderalflora den vollständigen Sieg davon getragen.

Noch eine andere Veränderung hat sich vollzogen: das Kontingent der Anuellen und Bisanuellen (⊙) hat wiederum stark zugenommen. Von den 35 Arten sind 28 species (80%) ein- oder zweijährig; in Tarragona waren es nur 64%, am Tibidabo nur 58%.

β) Felsenheiden: Vorherrschend ist △*Asphodelus fistulosus* L., doch ist diese Leitpflanze bereits meistens verblüht und am Absterben. Auf der Westseite der Burgruine tritt an einer Stelle unter verwilderten Oliven auch *Asphodelus albus* Mill. massenhaft auf, er steht zurzeit in voller Blüte. Dem dürren Boden entsprossen überall die saftigen, dunkelgrünen Blattbüschel der gemeinen Meerzwiebel (△*Urginea scilla* Steinh.); △*Ophrys tenthredinifera* W. entfaltet ihre eigentümlichen Blüten und △*Arisarum vulgare* Targ.-Tozz. vegetiert im Schutz des stacheligen *Rhamnus lycioides* L. oder im Granatapfelgebüsch (▲*Punica granatum* L.). Dazwischen sind zahlreiche einjährige Kräuter, die durch das ganze Mittelmeergebiet verbreitet sind, angesiedelt, so: △*Silene colorata* Poir., △*Hippocrepis multisiliquosa* L., ▲*Astragalus hamosus* L., △*Trifolium Bocconi* Sav., △*Cynoglossum pictum* Ait., △*Scabiosa maritima* L., auch das Kleinsträuchlein △*Satureia graeca* L. gehört hierher. Den pflanzengeographischen Stempel erhält aber diese Florula durch das Auftreten von vier ausgesprochen südlich-mediterranen Arten. *Alsine procumbens* Frzl., eine Pflanze mit stark verlängertem, dem Boden angeschmiegtem oder aufsteigendem Stengel; sie erinnert sehr an eine Spergula, doch fehlen die häutigen Nebenblätter, dann *Rhamnus lycioides* L. und zwei Lavendel, *Lavandula dentata* L. und *L. multifida* L. Diese Arten sind sogar vorwiegend iberisch-mauritanisch, immerhin wird im Osten dieses Verbreitungsgebiet noch etwas überschritten: *Alsine procumbens* findet sich auch auf Sardinien, Sizilien, im südlichen Italien und, als einzige Stelle in Griechenland, auf Aegina; *Lavandula dentata* ist auch noch auf Malta, Sizilien und am Monte Gargano vorhanden und *L. multifida* hat ihre östlichsten Vorposten in Ostsizilien und im östlichen Kalabrien.

b) Strandflora westlich von Denia.

Die Strandflora ist an der Flachküste westlich von Denia nur sehr dürftig entwickelt. Auf der breiten, zur Ebbezeit trocken ge-

legten Sandzone liegen in grossen Mengen Posidonienkugeln. Gelegentlich wird auch ein ganzes Rhizom der *Posidonia oceanica* (L.) Del. auf den Strand geworfen. Der Tintenfisch (*Octopus vulgaris* Lam.) befestigt mit Vorliebe an diesen Wurzelstöcken seine traubenartigen Eierklumpen, die sich dann wie die Früchte der Pflanze ausnehmen, denn durch ein gallertiges Band werden sie kunstgerecht um das Rhizom gewickelt. ▲*Hypecoum procumbens* L. und △*Lobularia maritima* Desv. sind die einzigen Strandpflanzen. Etwas weiter landeinwärts begleiten einige bereits in Blüte stehenden Sträucher die Uferzone: *Tamarix gallica* L. und *T. africana* Poir., beides westlich mediterrane Arten mit Ostgrenze in Dalmatien und ▲*Lycium vulgare* Dun.

c) Exkursion von Denia zum Cabo de S. Antonio.

Auf dieser Tagestour, die so recht geeignet ist, den Florencharakter des Landes kennen zu lernen, haben wir immer wieder nur zwei Formationen: Felsenheiden und dürftige Garigues angetroffen.

Felsenheiden. Sie besiedeln die felsig-dürren, steinbesäten Hügel. Einige Trümmer eines ehemaligen Kastells oder Mauerreste von Warttürmen und Windmühlen krönen fast jeden dieser Hügel, hin und wieder sind auf denselben auch noch einige anspruchslose, verkrüppelte Ceratonien, welche hier an der Küste immer typische Windformen zeigen, vorhanden (Tafel II Fig. 3). Obwohl erst Ende März, so trägt doch die Vegetation weniger den Charakter einer Frühlingsflora, sie macht eher den Eindruck einer verfrühten und verkümmerten Sommerflora, wohl eine Folge der dieses Jahr fast ganz ausgebliebenen Winterregen. Die vielen kleinen Gewächse, das Auftreten einiger typischen Geröllpflanzen und hauptsächlich die äusserst dünne Bewachsung des Bodens bedingen Vegetationsbilder, die oft beinahe an alpine Verhältnisse erinnern. Doch trotz der überall vorherrschenden Bodenfarbe, trotzdem diese Hügel mit Steinen förmlich übersät sind, welch reiche Flora! Und vergessen wir nicht, der wirkliche Reichtum kann nur zeitlich, nie momentan auf Grund einer noch so sorgfältig durchgeführten Exkursion erfasst werden, denn der Erdboden ist voll ruhender Samen, voll von Zwiebeln und Rhizomen, deren vegetative Tätigkeit noch nicht erwacht ist, und die vielleicht durch die nächsten warmen Regen zu neuem Leben erwachen, um über Nacht dem scheinbar nackten Boden in grösster Menge zu entspriessen.

Es dominieren: △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et Sch. (fol.), *Thymus vulgaris* L., △*Rosmarinus officinalis* L. Der Rosmarin

gedeiht hier auf dem Kalk in grösster Menge, doch nur in kleinen verkrüppelten und bereits meist verblühten Exemplaren.

Dazu gesellt sich eine grössere Zahl von Kleinsträuchern die, wenn reichlicher vorhanden und üppiger entwickelt, allmählich zu der typischen Garigue führen: △*Cistus monspeliensis* L., △*Quercus coccifera* L. (fol.), *Ulex australis* Clem., *Chamaerops humilis* L. (fol.), die Zwergpalme spielt jedoch nur eine sehr untergeordnete Rolle und tritt immer nur als kleiner, dem Boden angepresster Strauch auf. △*Daphne gnidium* L. (fol.), *Calycotome spinosa* Lk., dann die beiden Zwergsträuchlein △*Fumana viscida* Spach. und •*Helianthemum appeninum* (L.) Lam.; auch die △*Urginea scilla* Steinh. mit ihren stattlichen, halb aus dem Boden hervorragenden, grossen Zwiebeln und den üppigen Blattbüscheln, das einzig saftige Grün, fehlt nicht. In grosser Menge ist △*Ophrys tenthredinifera* W. vertreten, viel spärlicher dagegen ▲*O. lutea* Cav. Von Filzpflanzen sind uns bereits bekannt *Cynoglossum cheirifolium* L., △*C. pictum* Ait., △*Ajuga iva* Schreb. (fol.), dazu kommt eine neue, vollständig mit einem dichten weiss-wolligen Indument bedeckte Pflanze, die *Mercurialis tomentosa* L. Ferner:

△*Hippocrepis ciliata* Willd.
▲*Ruta chalepensis* L. *v. angustifolia* Pers.
•*Eryngium maritimum* L. (fol.)?
Gladiolus illyricus Koch.
▲•*Anagallis arvensis* L. *s. spec. coerulea* Schreb.
▲•*Marrubium vulgare* L.
Teucrium pseudochamaepitys L.
△*Salvia verbenaca* L.
▲*Orobanche* Mutelii F. Schz.
△*Echium calycinum* Viv.
Euphorbia serrata L.
▲*Galium parisiense* L. *v. leiocarpum* Tausch.
•*Sherardia arvensis* L.
•*Asperula cynanchica* L.
△*Asteriscus maritimus* Less.
△*Bellis annua* L.
▲*Carduus pycnocephalus* L.
Centaurea pullata L.

Pflanzengeographisch sind nun aber noch die folgenden Arten von besonderer Bedeutung: α) iberisch-mauritanisch: *Rhamnus lycioides* L., *Lavandula dentata* L., *Polygala rupestris* Pourr. *Teucrium pseudochamaepitys*. L., *Centaurea pullata* L., letzter drei Pflanzen erreichen auch noch Südfrankreich, sind daselbst aber selten; β) südlich-mediterran ist der sparrige, 1—2' hohe, dornig stechende Büsche bildende *Asparagus horridus* L.; γ) makro-iberisch, Pflanzen, deren Hauptverbreitungszentrum auf der iberischen Halbinsel zu suchen und die von da nach dem mediterranen, beziehungsweise atlantischen Frankreich ausstrahlen: *Phlomis lychnitis* L., eine stattliche, wirklich dekorative wollig-filzige Pflanze mit grossen leuchtend gelben Blüten, erreicht ihre Nordgrenze nordwestlich v

Toulon. *Arenaria montana* L. geht besonders längs der französischen Westküste bis nach le Mans und Paris, sie findet sich auch wieder, jedoch selten, im Departement Hérault. *Ulex australis* Clem., *Mercurialis tomentosa* L. δ) westlich-mediterran: *Linum narbonense* L., *Chamaerops humilis* L. ε) mikro-iberisch: *Biscutella stenophylla* Duff. tritt nur im Gebiet der Provinz Valencia auf. Mit den nördlicheren Felsenheiden verglichen, ergibt sich somit eine ganz bedeutende Bereicherung an südlich- und westlich-mediterranen sowie an iberischen Pflanzen.

Wir verlassen das eigentliche Hügelland und steigen auf das Kalkplateau (ca. 120 m), das in der Fortsetzung des Monte Mongo liegt und sich bis zum Cabo de S. Antonio hinzieht. Die Bebauung des Bodens nimmt sofort stark ab. Die kleinen Caserios, jeweilen von Opuntienhecken (*Opuntia Ficus indica* Mill.) umgeben, liegen weit voneinander: Feigenbäume, knorrige, hin und her gebogene Ceratonien, das jugendliche, rötliche Blattwerk des Granatapfelbaumes und, als einziges frisches Grün, wohl auch noch einige Mandelbäume, verraten schon aus der Ferne diese primitiven Ansiedelungen; auf der mit dürren Garigues bestandenen Hochfläche sind es die einzigen Kulturträger. Diese kleinen Häuschen sind bald ohne jeglichen Verputz, bald wieder blendend geweisselt; in ihrer nächsten Nähe findet sich stets eine Cisterne, in die zur Regenzeit jeder Tropfen Regen sorgfältig geführt wird. Kleinere Rebenparzellen oder gar ein armseliges Getreideäckerchen werden gelegentlich auch noch um dieselben angelegt. Etwas besser scheinen Saatlinsen (*Ervum lens* L.), Saubohnen (*Vicia faba* L.) oder die Würfelerbse (*Vicia ervilia* [L.] Willd.) zu gedeihen. Hin und wieder, besonders in der Nähe des Meeres, sahen wir Posidonienblätter als Dünger verwendet; vereinzelt bemerkt man auch noch einige Agaven, welche zur Gewinnung der Agavefasern angepflanzt wurden. Bei der Urbarmachung dieser kleinen Kulturzentren musste der Boden zuerst von den massenhaft herumliegenden Steinen gesäubert werden, dieselben werden jeweilen zu breiten Steinhaufen, richtiger gesagt Steinwällen, aufgehäuft, welche nun die natürlichen Schutzmauern des Kulturlandes bilden. Diese sogen. „talayots" sind oft von so gewaltigen Dimensionen, dass sie für paläolithische Monumente erklärt wurden, so z. B. im südlichen Teil von Mallorca. Arteffakten sind darin jedoch noch nie gefunden worden; heute noch kann man ihre Entstehung und ihren Ausbau verfolgen.

Die Hochfläche ist eine Karstlandschaft, welche stellenweise starke Neigung zur Karrenbildung zeigt. Sie ist fast ausschliesslich mit einförmigen, niederen Garigues besetzt. Wenn *Thymus vul-*

garis L. und andere Labiaten vorherrschend werden, so treten die noch einförmigeren Tomillares, die sich meistens nur aus wenigen Arten zusammensetzen, an ihre Stelle.

A. Leitpflanzen (6):

Brachypodium ramosum (L.), R. et Sch. zwischen Steinen und Gebüsch, aus den durchlöcherten Kalkblöcken überall hervorragend.

Chamaerops humilis L., sehr viel.

Erica multiflora L., sehr reichlich, tragen noch die verblühten, abgedorrten Blütenstände.

Ulex australis Clem., reichlich (fl.); fr.

Thymus vulgaris L., stellenweise sehr häufig.

Rosmarinus officinalis L., reichlich (fl.).

B. Charakterpflanzen (23).

Asparagus horridus L.
Smilax aspera L.
Juniperus oxycedrus L.
Quercus coccifera L.
Pistacia lentiscus L., spärlich.
Daphne gnidium L.
Rhamnus lycioides L., spalierartig dem felsigen Boden angepresst.
Cneorum tricoccum L. (fol.).
▲ *Olea europaea* L., *v. oleaster* DC.
Fumana laevipes Spach.
Helianthemum marifolium (Cav.) DC.
▲● *Rubus amoenus* Port.
Dorycnium suffructicosum Vill.
Cistus monspeliensis L. (fl.)
„ *albidus* L., beginnt zu blühen.
Cistus Clusii Dun.
Teucrium marum L.
▲ „ *polium* L.
Satureia graeca L., *v. micrantha* (Brot.) Briq. (1895).
Lavandula dentata L.
Globularia alypum L.
Rubia peregrina L., überzieht mit Vorliebe die talayots.
Helichrysum stoechas DC.

C. Begleitpflanzen (31).

Machrochloa tenacissima Kth. (fl.), spärlich.
▲ *Andropogon pubescens* Vis.
Melica minuta L.
Ophrys tenthredinifera W.
Arisarum vulgare Targ.-Tozz.
Urginea scilla Steinh. (fol.)
Gynandriris sisyrinchium Parl.
Viola arborescens L.
Polygala rupestris Pourr.
Silene colorata Poir.
Biscutella stenophylla Duff.
Lotus creticus L.
Scorpiurus subvillosa L.
Argyrolobium Linnaeanum Walp.



· 2. *Macrochloa tenacissima* Kth. ig.). Grundständige Blätter mit der ussenfederartigen $2^1/_2$ bis 4 cm langen Ligula. Natural. Grösse.

▲ *Trifolium stellatum* L.
△ *Anthyllis vulneraria* L. *v. rubriflora* Ser.
△ *Eryngium campestre* L. (fol.)
Sedum altissimum Poir. (fol.)
Linum narbonense L.
Plantago cynops L.
Cynoglossum pictum Ait.
Lithospermum fruticosum L., ein kleines, dem Boden spalierartig angepresstes Sträuchlein, mit lebhaft tief blauen Blüten.
▲● *Marrubium vulgare* L.
Satureia graeca L., *v. micrantha* (Brot.) Briq. (1895).
Ceratocalyx macrolepis Coss. auf *Cistus Clusii* Dun.
Galium saccharatum All.
▲ *Vaillantia hispida* L.
Evax pymaea (L.) Pers.
Asteriscus maritimus Less.
Galactites tomentosa Mch.
▲ *Urospermum picroides* Desf.

Auch unter dieser Liste finden sich wieder einige weitere Arten von vorwiegend westlich- und südlich-mediterraner oder von iberischer Verbreitung.

α) Westlich-mediterrane Arten: *Teucrium marum* L. bis Korsika-Sardinien. — *Argyrolobium Linnaeanum* Walp. mit Ostgrenze in Dalmatien-Kroatien. *Plantago cynops* L. geht im Mittelmeergebiet östlich bis nach Italien. *Lotus creticus* bis Sizilien, die Angabe auf Kreta ist fraglich: *'corum tricoccum* L. bis Norditalien und Sardinien; *Dorycnium fruticosum* Vill. bis Ligurien, Korsika-Sardinien.

β) Südlich-mediterran: *Vaillantia hispida* L. Von Südanien und Nordafrika nach Kalabrien, Südgriechenland bis nach

Persien und *Gynandriris sisyrinchium* Parl. von Südspanien bis Griechenland, mit einem sehr vorgeschobenen Posten in Ligurien.

γ) Iberisch-mauritanisch: Zum erstenmal begegnet uns, allerdings nur spärlich, das Halfagras (*Macrochloa tenacissima* Kth.), jenes bis über mannshohe, äusserst xerophytische Steppengras mit den langen harten, eingerollten Blättern. Die grundständigen Blätter sind ferner durch eine gewaltig entwickelte, bis 40 mm lange, straussenfederartige Ligula ausgezeichnet (Textfigur 2). Die Halme werden über 2 m hoch und endigen in einer stattlichen langbegrannten Blütenrispe; die bis 7 cm langen Grannen sind gekniet, der untere Teil abstehend seidig behaart, der distale, etwa 4 ½ cm lange abgebogene Abschnitt ist dagegen kahl. Das Gras tritt immer büschelartig auf; es ist die Leitpflanze der Halfasteppe, welche in Nordafrika von Marokko bis Tunesien, besonders auf den Hochflächen der Schotts und in Süd- und Zentralspanien gewaltige Gebiete in Anspruch nimmt. Auch in Südportugal und in der Litoralsteppe von Murcia und Alicante sind diese Grassteppen einst allgemein verbreitet gewesen, jetzt aber durch die fortschreitende Kultur vielfach zurückgedrängt.

δ) Makroiberisch: *Viola arborescens* L., jedoch in Südfrankreich selten. *Helianthemum marifolium* (Cav.), DC., *v. tomentosum* Wk., in Südfrankreich bei Marseille und Arles. *Lithospermum fruticosum* L. in Südfrankreich bis Marseille. — An den Felsen beim Cabo S. Antonio fanden sich endlich noch: *Ephedra fragilis* Desf., ein südlich-mediterranes bis über 2 m hohes Rutengewächs mit gegliedertem, sehr brüchigem Stengel; die *Lavatera maritima* Gouan, ein westmediterraner Kleinstrauch, der sich mit besonderer Vorliebe an Strandfelsen ansiedelt. Zwischen Steinen und Felsen hat sich wieder massenhaft die *Arenaria montana* L. angesiedelt, auch das zarte gelblich-grün blühende ▲*Galium parisiense* L. fehlt nicht, dazu gesellen sich die dichten glauken Büschel von *Dianthus lusitanicus* Brot. fr. (fol.) und endlich eine ganz kleine Linaria mit sukkulenten Blättchen und sackartigem Sporn (*Linaria origanifolia* [L.] DC.), deren Verbreitungsareal sich von Aragonien bis in die Sierra Nevada erstreckt, aber nirgends über die iberische Halbinsel hinausgeht.

Auf dem Kalkplateau des Cabo S. Antonio erheben sich noch ganz vereinzelte Aleppoföhren (△ *Pinus halepensis* Mill.); sie zeigen alle ein krüppelhaftes Aussehen. Die Krone ist von den heftigen Seewinden ganz zerzaust, das Nadelwerk meist stark von Prozessionsraupen befallen und zudem das Geäst oft noch von den Ziegenhirten elend verstümmelt, — es sind die einzigen kümmerlichen Vertreter des Baumwuchses.

d) Flora der Schuttplätze und Wegborde der Umgebung von Denia.

△ *Arisarum vulgare* Targ.-Tozz.
▲● *Fumaria parviflora* Lam.
● *Glaucium flavum* Crantz
▲● *Stellaria media* (L.) Cirillo
● *Sedum dasyphyllum* L.
Medicago truncatula Gaertn. v. *longeaculeata* Urb.
▲ *Mesembryanthemum nodiflorum* L.
▲● *Scandix pecten veneris* L.
▲ *Plantago lagopus* L.
▲ *Plantago maritima* L. (vorwiegend atlantisch).
▲ *Verbascum sinuatum* L.
▲● *Lamium amplexicaule* L.
▲ *Vaillantia hispida* L., südmediterran.
● *Anthemis cotula* L.
▲ *Calendula arvensis* L.
Centaurea aspera L., westmediterran.
△ *Cynara cardunculus* L.

8. Der Monte Mongo.

23. III. 1905.

Der Monte Mongo erhebt sich im Süden von Denia zu einer Höhe von nur 761 m, es ist ein wildes Kalkriff (obere Kreide), welches sich fast unvermittelt aus dem weinbepflanzten Hügelland erhebt. Die senkrecht abstürzenden Felswände erinnern einigermassen an den Salève bei Genf oder an den Südabfall der Curfirsten gegen den Walensee. Trotz der geringen Erhebung erforderte die Besteigung einen ganzen vollen Tag und wir mussten schliesslich froh sein, noch vor völliger Dunkelheit das Felsenrevier des Berges verlassen zu können. Welch abscheulicher Berg, dieser Mongo! Kein Baum gibt Schatten; am ganzen Berg, in einer abgelegenen Felsenhöhle eine einzige Quelle. um deretwillen uns der Führer zu einem gewaltigen Umweg veranlasste. Nicht einmal ein Saumpfad führt auf den Gipfel, unser Weg geht über Stein und Geröll, an senkrechten Felswänden vorbei und der intensivsten Insolation ausgesetzt, auf das Gipfelplateau Dasselbe ist ganz verkarstet (Taf. II Fig. 3), der Kalk von unzähligen, tief einschneidenden Rinnen durchzogen; glücklich schätzen wir uns, wenn zwischen den Rinnen noch mehr oder weniger zusammenhängende Felsplatten erhalten geblieben sind, aber zur Qual wird die Wanderung, wenn die Rinnen dicht gedrängt verlaufen und nur messerscharfe Rippen und Leisten zwischen sich lassen. Alle Sinne sind auf das äusserste angestrengt, es ist ein kontinuierlicher Kampf um das Gleichgewicht. Die erhitzte Luft ist in zitternder Bewegung, halb betäubt strebt man dem nächsten Vorsprung zu, in der Hoffnung, nun endlich am Ziele zu sein, doch es ist wiederum nur eine Täuschung, denn vor uns liegt ein tiefer Einschnitt und dann folgt ein neuer

Gipfel. Wird es wohl der letzte sein? Wir haben schliesslich das grausame Spiel aufgegeben, ohne den vordersten Gipfel erreicht zu haben.

Auch der Florencharakter des Mongo zeigt dasselbe Bild trostlosester Dürre und Monotonie, ein allgemeiner Charakterzug beinahe aller ost- und südspanischen Sierren. Der Monte Mongo ist ein ausgesprochener „Geisberg", bedeckt mit dürftigen Garigues oder stellenweise auch mit Felsenheiden. Da aber die umliegenden Ortschaften ihre Ziegen und Schafe auf dem Berge weiden lassen, so sind alle Pflanzen verstümmelt und verfressen. Trotzdem gewährt die Flora durch ihre vielen seltenen Arten und das Vorkommen einiger Endemismen ein ganz besonderes Interesse. Dies gilt allerdings fast nur von der Felsflora, wie sie besonders schön in der Umgebung der Mongoquelle entwickelt ist.

A. Flora von Denia bis zur Mongoquelle.

Diese Strecke liegt beinahe ganz in der Region der Rebe; eingestreut sind hin und wieder einzelne, bereits ziemlich belaubte Feigenbäume. Sobald der eigentliche Aufstieg beginnt, löst sich die Rebkultur in einzelne Parzellen auf, zwischen diesen Rebterrassen erscheint die Felsenheide.

a) Acker- und Ruderalflora (Wegränder).

▲ *Lamarckia aurea* Mönch.
Carex divulsa Huds.
Euphorbia characias L.
Mercurialis tomentosa L.
Echium calycinum Viv.
▲● *Senecio vulgaris* L. *f. villosa* f. Rikli nov.
Centaurea pullata L.
▲ *Sonchus tenerrimus* L.
Hyoseris scabra L.

b) Felsenheide.

Brachypodium ramosum (L.) R. et S., vorherrschend.
Chamaerops humilis L.
● *Orchis morio* L.
Quercus coccifera L.
Rhamnus lycioides L.
Polygala rupestris Pourr.
Arenaria montana L.
▲ *Psoralea bituminosa* L.
Ranunculus gramineus L., west-mediterran.
Cynoglossum cheirifolium L.
Convolvulus lanuginosus Desr. *sericeus* Boiss., makroiberisch.
Phlomis lychnitis L.
Thymus vulgaris L. (oft Leitpflanze).
Lavandula dentata L.
" *multifida* L.
Helichrysum stoechas DC.

B. Flora der Felsabstürze des Monte Mongo (ca. 350 m).

(Von der Mongoquelle bis zum Kamin.)

a) Felsflora. *Poterium ancistroides* Desf. Die kräftigen, stark verholzten Pfahlwurzeln dieser Pflanze sitzen tief in den Felsritzen und tragen grosse, bis 20 cm im Durchmesser erreichende kompakte, mehr oder weniger kugelige Polster. Die fünf- bis siebenpaarig gefiederten Blätter besitzen kleine rundliche, vorn gleichmässig eingeschnitten-gezähnelte Blättchen; später fallen die Fiederblättchen ab, die alten Blattspindeln bleiben aber noch lange als schützende Hülle stehen. Die Fruchtstiele krümmen sich beim Verblühen ganz wie bei unserer *Linaria cymbalaria* (L.) Mill., negativ heliotropisch gegen die Felswand. Im Wurzelort stimmt, wie Max Oettli gezeigt hat (20), dieses an den scheinbar nahezu spaltenlosen, senkrechten oder selbst überhängenden Felsen auftretende Poterium ganz mit unserer *Potentilla caulescens* L. überein. Die Pflanze gehört dem iberisch-mauritanischen Florenbestandteil an. In Oran findet sie sich mehrfach, dagegen ist sie in Spanien nur von der Sierra de Gador und aus der Provinz Valencia bekannt.

Diplotaxis brassicoides Rouy v. *maritima Rouy* in Willkomm Illustrationes florae Hispaniae insularumque balearicum T. I (1881—85) t. LXXXV. Text p. 141. Durch Süd- (Sierra Nevada) und Südostspanien verbreitet, die var. maritima Rouy nur am Mongo und an Strandfelsen bei Denia. *Biscutella montana* Cav. gehört zum Formenkreis unserer Biscutella laevigata L., unterscheidet sich aber sofort durch die breiteren, dichtwollig-zottig behaarten Blätter, das Verbreitungsareal dieser schönen Pflanze ist sehr beschränkt, denn sie findet sich nur auf einigen Sierren von Valencia bis Granada.

Hippocrepis valentina Boiss. ist ein eigentlicher Felsenstrauch. An der Mongoquelle hat er sich in Felsspalten angesiedelt, er entwickelt lange, graziös herabhängende, an den Enden wieder etwas aufsteigende Äste und ist über und über mit goldgelben Blüten bedeckt. Diese Art besitzt im Süden der Provinz Valencia eine sehr lokale Verbreitung; nahe verwandt ist die auf den Balearen (Mallorca) endemische *Hippocrepis balearica* Wulf.

Scabiosa saxatilis Cav. (fol.) hat grosse, wollig-filzige Blattrosetten, welche dicht gedrängt aus einer verholzten Grundachse entspringen und so auch eigentliche Polster bilden. Die elliptisch-lanzettlichen Blätter sind ganzrandig. Prächtig muss der Anblick dieser Pflanze zur Blütezeit sein, wenn sich auf dem fusshohen Stengel die grossen blendend weissen Blütenköpfe erheben. Auch diese Art ist wiederum ein montaner Endemismus der Provinz Valencia.

Hymenostemma Fontanesii Wk. = Chrysanthemum setabense Duf. = Leucanthemum glabrum Boiss. et Reut., eine kleine, kahle, einjährige Mararethenblume mit etwas sukkulenten, spatelig, grob eingeschnitten gezähnten Blättern. Das Hauptverbreitungszentrum von H. Fontanesii Wk. liegt in den Atlasländern, wo die ausserordentlich vielgestaltige Pflanze von der Küste bis in die Bergregion sehr verbreitet ist. Die Art zerfällt in eine grössere Anzahl von Varietäten, die z. T. eine recht beschränkte Verbreitung aufweisen. In Spanien ist diese Pflanze nur südlich von Valencia vertreten und zwar in Murcia und Granada einzig in der *var. murcicum* Gay, einer Abart mit tief zerschlitzten Blättern.

Dianthus lusitanicus Brot. (fr.) fol.

Lavatera maritima Gouan, westlich-mediterran; *Rhamnus lycioides* L., spärlich. *Rh. alaternus* L. versum v. balearicus Wk., Annäherungsform mit dem Boden angepressten Zweigen und kleineren, schwach gezähnelten Blättern; ▲●*Hedera helix* L. (fol.), überzieht ganze Felspartien und zeigt in der Ausbildung der Blätter eine grosse Vielgestaltigkeit; ●*Crataegus monogyna* Jacq. und, auf vorspringenden Felsen, jedoch immer spärlich: ▲*Ficus carica* L. (fol.).

Von Gefässkryptogamen: △*Selaginella denticulata* Spring., ▲●*Asplenum trichomanes* L., ▲●*A. adiantum nigrum* L.; feuchte, überhängende Felsen bedeckt das Venushaar (●*Adiantum capillus veneris* L.) und an heissen Stellen wuchert der xerophytische ▲●*Asplenum ceterach* L. Stellenweise sind die Felswände von *Thamnolia vermicularis* Ach., einer grauweisslichen, lange, wurmartige Thallome bildenden Flechte ganz überzogen, und dazwischen zieht eine Cyanophycee breite schwarze Tintenstriche.

b) Garigues. — Unter dem sich in einer Höhe von 200—250 m über ca. 2 km hinziehenden Felsband breitet sich eine dürftige Garigue aus:

Chamaerops humilis L., vorherrschend (fol.).

Erica multiflora L. (fr.) fol., reichlich und zuweilen auch als Felspflanze auftretend.

△*Cistus albidus* L. (fl.) fol.

„ *Clusii* Dun., reichlich.

△*Rosmarinus officinalis* L., reichlich.

△*Juniperus oxycedrus* L., spärlich.

Ephedra fragilis Desf.

△*Pinus halepensis* Mill.

Die Aleppoföhre ist nur spärlich, meist in niederen, vom Schmalvieh verbissenen Büschen vertreten; vereinzelt finden sich hin und wieder auch kleine verkrüppelte Bäumchen. Dazu gesellen sich nun noch einige klimmende und schlingende Pflanzen, die sich ge-



Phot.: P. Bohny.

Fig. 9. Posada im Steppengebiet des Rio dulce bei Orihuela.

Blick nach Westen (pag. 77 und 137).

legentlich auch in grosser Menge auf den Felsköpfen ansiedeln: △*Smilax aspera* L., in einer Form, deren Blätter auffallend verlängert (Spreite bis 5,2 cm lang und nur 6 bis 8 mm breit), schmallänglich-lanzett und weisslich gefleckt sind, ferner △*Asparagus acutifolius* L., △*Rubia peregrina* L., △*Lonicera implexa* Ait., auch △*Rosa sempervirens* L. fehlt nicht ganz, häufiger nistet sich dagegen zwischen den Felsblöcken ▲●*Rubus amoenus* Port. ein.

Zwischen diesem Gesträuch und Gebüsch treten die Blattbüschel der △*Urginea scilla* Steinh., sowie △*Arum italicum* Mill. und *Asphodelus albus* Mill. auf. Von den dicotyledonen Stauden und Kräutern sind vorhanden: ▲*Teucrium polium* L. (fol.), der sukkulente △*Umbilicus pendulinus* DC. (fol.) mit seinen schildförmigen Blättern ist sehr häufig; ferner *Linum narbonense* L., △*Silene colorata* Poir., *Arenaria montana* L., ▲*Ruta chalepensis* L. *v. angustifolia* (Pers.) Wk., dazwischen sprosst das zarte *Thalictrum tuberosum* L., auch wieder eine makroiberische Art und das nicht weniger zierliche *Conopodium majus* (Gouan) Loret hervor.

C. Das verkarstete Gipfelplateau des Mongo (600 bis 761 m).

Ende März ist die Vegetation auf dem verkarsteten Gipfelplateau des Mongo noch sehr zurück, Die langandauernde Trockenperiode hat wesentlich dazu beigetragen, die Entwicklung der Pflanzenwelt zu verzögern. So ist uns wohl mancher interessante Vertreter der reichen Flora des Mongo entgangen; viele Pflanzen haben wir auch nur im vegetativen Zustande gesammelt, so dass die Bestimmung mit viel Schwierigkeit verbunden war und leider nicht immer zu der wünschenswerten Sicherheit führen konnte.

α) Nordseite. *Rhamnus alaternus* L. versus var. *balearicus* Willk., Äste spalierartig, dicht dem Boden angepresst.

Ulex australis Clem.(fr.) reichlich.
Erica multiflora L. (fr.)
△*Daphne gnidium* L. (fol.) reichlich.
Thymus vulgaris L.
▲ *Teucrium polium* L. (fol.)
△ *Pistacia lentiscus* L., spärlich.
Calycotome spinosa Lk., spärlich.
△ *Asparagus acutifolius* L. (fol.)
▲● *Ruscus aculeatus* L. (fr.)

△*Smilax aspera* L. bedeckt besonders an den typischen Karrenstellen in grösster Menge das Kalkplateau und zwar in einer höchst eigentümlichen Ausbildung (*var. balearica* Wk.[1]), wie ich sie auch massenhaft auf der Atalaya de Albercuitx gegen das Kap Formentor,

[1]) Hartwich, C. Über *Smilax aspera* (mit zahlreichen Abbildungen), Schweiz. Wochenschrift für Chemie u. Pharmazie. 1907. No. 10.

an der Nordostküste Mallorcas, angetroffen habe. Die Pflanze klettert nicht mehr, sie wird nur etwa 1 Fuss hoch, die Blätter sind grösstenteils abgeworfen und die eigentümlich hin und her gebogenen, starren und stacheligen Verzweigungen ineinander verflochten (34), — ein Scrub en miniature.

▲● *Hedera helix* L. (fol.) überzieht öfters die Nordseite der Felsen.

Dazu gesellen sich nun noch eine Reihe Gräser, Stauden und Kräuter. △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., die häufigste Art, mit der Smilax überall massenhaft, zwischen und aus den durchlöcherten Kalkblöcken, hervortretend.

Biscutella laevigata L. *var* . . . eine Mikroform der sehr vielgestaltigen Art, weil ohne Frucht nicht näher bestimmbar; gleicht der *B. pyrenaica* Huet.
● *Hutchinsia petraea* (L.) R.Br. (fr.)
△ *Sedum altissimum* Poir. (fol.)
● *Sedum dasyphyllum* L.
▲● *Anagallis arvensis* L., *s. sp. coerulea* Schreb.
▲ *Galium saccharatum* All.
Helichrysum stoechas DC.
Helichrysum decumbens Camb., von vorwiegend makroiberischer Verbreitung.

Eine besondere Zierde sind die sehr reichlich vorhandenen und im schönsten Flor stehenden Jonquillen (*Narcissus serotinus* L.) und die hin und wieder aus der trostlosen Umgebung emporragenden zierlichen Glocken der *Fritillaria messanensis* Raf., beides vorwiegend südlich mediterrane Arten. Die Felsblöcke selbst sind endlich mit *Funaria hygrometrica* (L.) Sibth. und *Tortella squarrosa* (Brid.) Limp. besetzt. Das letztere Moos ist im Mittelmeergebiet allgemein verbreitet und tritt oft sogar in grösster Menge auf, neuerdings wurde dasselbe auch in der Schweiz bei Bex nachgewiesen; eine der nördlichsten Stationen dieses südlichen Mooses ist die Garides des Kaiserstuhls bei Freiburg im Grossherzogtum Baden.

Nur um und an den Felsen des Grates und zwar einzig auf deren Nordseite wachsen folgende Arten: ▲●*Buxus sempervirens* L., △*Juniperus phoenicea* L.; *Bupleurum spinosum* Gouan bildet kleine, stachelige Sträuchlein, welche noch die vorjährigen Infloreszenzen tragen; *Phlomis lychnitis* L. hat hier oben noch keine Blütentriebe entwickelt, die filzigen länglich-ovalen, in den Blattstiel verschmälerten, grundständigen Blätter entsprossen da und dort dem steinigen Boden; auch das *Poterium ancistroides* Desf. (fl.) findet sich am Gipfelgrat; endlich haben sich zwischen den Felsritzen noch zwei seltene, entoiberische Linarien: *Linaria origanifolia* (L.) DC. und die gelbblühende *Linaria Haenseleri* Boiss. et Reut. angesiedelt.

β) Südseite. Vorherrschend sind: △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S. und *Chamaerops humilis* L., auch △*Quercus coccifera* L. spielt stellenweise eine führende Rolle. Reichlich vertreten, ohne jedoch Leitpflanzen zu sein, sind: *Asparagus horridus* L., △*Cistus albidus* L., *Helianthemum marifolium* (Cav.) DC., *Lavandula dentata* L., ▲*Teucrium polium* L. und *Ranunculus gramineus* L. *var. luzulaefolius* Boiss. Nur vereinzelt treten auf: △*Urginea scilla* Steinh., △*Arisarum vulgare* Targg.-Tozz., ▲●*Tamus communis* L., △*Ophrys tenthredinifera* W. und endlich *Arenaria montana* L.

Von einer regionalen Gliederung der Flora des Monte Mongo kann, wie diese Pflanzenlisten zeigen, kaum gesprochen werden. Wohl haben wir auf dem Grat einige Arten angetroffen, die wir in der unteren Region des Berges nicht beobachtet haben: *Fritillaria messanensis* Raf., ▲●*Buxus sempervirens* L., △*Juniperus phoenicea* L., die beiden *Linarien* usw. Mehrere dieser Arten haben wir jedoch in Ostspanien wiederholt auch in der eigentlichen Kulturregion angetroffen. Die wenigen übrigen Arten können ebenfalls kaum als montane Pflanzen gelten, zudem treten sie auch nicht in solchen Mengen auf, dass sie den Gesamtcharakter der Flora des Gipfelplateaus in erheblicher Weise beeinflussen. Dasselbe gilt für die beiden verschiedenen Expositionen des Berges. Auf beiden Seiten dominiert △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., auf der Nordseite gesellt sich hauptsächlich △*Smilax aspera* L. und △*Daphne gnidium* L. dazu, auf der Südseite sind es in erster Linie *Chamaerops humilis* L. und △*Quercus coccifera* L., alles Pflanzen, die wir erst gestern am Meere zwischen Denia und dem Cabo de S. Antonio gesammelt haben. Da zudem der ganze Mongo aus Kalk besteht, so gewährt auch die geognostische Unterlage keine Möglichkeit einer Abwechslung in der Zusammensetzung der Flora. Verschiedenheiten gestattet einzig der Wechsel der Standortsverhältnisse: Anstehender Fels, Geröllhalden, trockene Karfluren, steinige, flachgründige Abhänge. Da aber diese Standortsbedingungen stets wiederkehren, so bleibt sich auch der Vegetationscharakter gleich. Grösste Monotonie ist daher das Wahrzeichen der Flora des Mongo.

9. Benisa und Umgebung.

25. III. 1905.

Benisa liegt im Bergland der Halbinsel von Alcoy, etwa drei bis vier Wegstunden von der Küste, gegen die sich Hügel an Hügel hinzieht. Auch Benisa ist wiederum von Kulturgelände umgeben. Der Weinbau, wie in Denia hauptsächlich für den Rosinen-

export bestimmt, bildet die Haupterwerbsquelle der Bevölkerung. Es ist wirklich bewunderungswürdig, mit wie viel Fleiss und Ausdauer dieselbe den steinigen und ausgetrockneten Boden bebaut. Die ganze Landschaft ist terrassiert, nur wenige Stellen sind der ursprünglichen Pflanzenwelt erhalten geblieben; es ist um Benisa hauptsächlich die Felsenheide, wohl weil der Anbau dieser unproduktivsten Stellen zuletzt in Angriff genommen wird. In grösserer Entfernung vom Ort, am Weg zum kleinen Hafenstädtchen Calpe, sind jedoch auch noch typische Garigues und dürftige Monte bajo vorhanden.

Da zur Zeit unserer Anwesenheit in Benisa die Weinreben ihr Laub noch nicht entfaltet hatten, überwog überall die Erdfarbe. So ist denn das Bergland von Benisa ausserordentlich kahl, beinahe von afrikanischem Gepräge. Die Berge sind noch kahler, sie nehmen vielfach den Charakter eigentlicher Felswüsten an. In diese Landschaft passt ganz vorzüglich das düstere Benisa, dessen Häuser mit flachen Dächern aus Rinnenziegeln bedeckt und deren Mauern meist ohne jeglichen Verputz sind. Der Ort erinnert so lebhaft an Bilder, wie man sie etwa aus den wilden Bergen Albaniens zu sehen bekommt. Die Bevölkerung lebt ausserordentlich dicht zusammengedrängt, — eine Erinnerung an frühere unsichere Zeiten. Reizvoller muss diese Landschaft sein, wenn wenigstens das Kulturland bis zur Küste belaubt ist und alle Hügel mit anmutig erfrischendem Grün bedeckt sind; doch von langer Dauer wird diese Herrlichkeit nicht sein.

Die nähere Umgebung von Benisa besteht aus dürren, lehmigen Kalkhügeln, in welche Gewitterregen tiefe Erosionsfurchen, ja z. T. förmliche Schluchten gezogen haben. An diesen beständig in Bewegung befindlichen Abhängen sind noch in sehr lückenhaften, offenen Formationen die letzten Überreste der ursprünglichen Pflanzenwelt erhalten geblieben. Neben Felsenheiden finden sich auch noch einige licht bestockte △*Pinus halepensis*-Wäldchen mit macchienartigem Unterholz, jedoch beinahe nur an den Nordhängen kleiner Erosionsschluchten. Neben dem stadtähnlichen Benisa sind über das ganze weite Land nur noch einzelne Häuser zerstreut. Auch diese Caserios liegen meistens am Abhang einer Erosionsfurche, sie sind umgeben von *Agaven*- und △*Opuntia Ficus indica*-Hecken und werden fast stets von einigen knorrigen Ceratonien beschattet. Ein kleiner Obstgarten mit einigen Citronen- und Orangenbäumen, mit einzelnen Granatapfelbäumen und japanesischen Misteln (*Mespilus japonica* Thunb.) liegt innerhalb der Umzäunung; gelegentlich sind sogar noch einige Birnbäume angepflanzt, ein Äckerchen mit Saubohnen fehlt wohl nie.

a) △*Pinus halepensis*-Wäldchen mit macchienartigem Unterholz, südlich von Benisa, am Abhang einer kleineren Erosionsschlucht. Exposition Ost. Das Unterholz besteht aus:

α) Hauptbestandteile: △*Quercus coccifera* L. (fol.), △*Rosmarinus officinalis* L. (fl.) fr., *Ulex australis* Clem. und ▲*Cistus salvifolius* L. (fl.).

β) Charakterpflanzen: *Calycotome spinosa* Lk., △*C. villosa* Lk., •*Crataegus monogyna* Jacq., •*Corylus avellana* L., △*Globularia alypum* L. (fl.) fr., *Erica multiflora* L. (fr.), *Thymus vulgaris* L., *Rhamnus alaternus* L. versus var. *balearicus* Wk. und subspontan ein Exemplar von *Opuntia Ficus indica* Mill., sowie einige verwilderte Granatapfelbäumchen.

γ) Schlingpflanzen durchwachsen das Gehölz und machen dasselbe durch ihre Menge stellenweise fast undurchdringlich: △*Asparagus acutifolius* L., △*Clematis flammula* L., ▲•*Rubus amoenus* Port., △*Lonicera implexa* Ait. und △*Rubia peregrina* L.

δ) Unterflora (Begleitflora): △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., ▲*Andropogon pubescens* Vis., △*Ophrys tenthredinifera* W.; *Onobrychis saxatilis* All. mit kleinen blassroten Blüten und feinen linealen Fiederblättchen, *Argyrolobium Linnaeanum* Walp., *Anthyllis cytisoides* L. mit etwas sukkulenten, aber seidenhaarigen Blättern und langen goldgelben Blütentrauben, eine Prachtpflanze, die jedoch um Benisa nur spärlich vertreten ist. *Moricandia arvensis* (L.) DC. eine schwach sukkulente, kahle Crucifere mit violetten Blüten, △*Sedum altissimum* Poir. (fol.), *Eryngium spec.* (fol.), *Ceratocalyx macrolepis* Coss. (fl.), *Phagnalon sordidum* DC. und △*Inula viscosa* Ait. (fr.) fol. mit abgedorrten, letztjährigen Fruchtachsen. Es sind somit meistens Bestandteile der benachbarten Felsenheiden, welche in die Lücken des Unterholzes hineinfluten.

b) Felsenheideflora (45 spec.). — In dieser sehr offenen Formation sind wiederum vorherrschend: △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., *Ulex australis* Clem. und *Thymus vulgaris* L.

Dazu kommen noch folgende Arten:

▲• *Poa bulbosa* L.
△ *Urginea scilla* Steinh.
▲ *Cistus salvifolius* L., spärlich.
Fumana laevipes Spach
Biscutella stenophylla Duf.
Moricandia arvensis (L.) DC.
▲ *Ruta chalepensis* L. *v. angustifolia* (Pers.) Wk.
△ *Sedum altissimum* Poir. (fol.).
Euphorbia serrata L.
Polygala rupestris Pourr.
Viola arborescens L. (fr.) } an etwas feuchteren, lehmigen Stellen.
• *V. odorata L.* }
▲ *Reseda alba* L. }
Euphorbia sulcata De Lens. var. *tuberculata* nov. var.
• *Eryngium campestre* L.
Asperula cynanchica L. s. sp. *aristata* (L.) Briq.



Fig. 3 (Orig.) 1,5 : 1. — *Sideritis Riklii Briq.* nov. spec. 1907.
Originaldiagnose in J. Briquet Plantarum novarum vel minus cognitarum decades, Annuaire du Conserv. et du jard. bot. de Genève vol. X (1907) p. 105.

Ganz besonders stark sind die Papilionaceen vertreten:

△ *Ononis natrix* L.
▲ *Ononis reclinata* L.
Anthyllis cytisoides L.
△ „ *tethraphylla* L.
△ „ *vulneraria* L. *v. rubriflora* Ser.
Astragalus monspessulanus L.
Astragalus Glaux L.
Onobrychis saxatilis All.
Hedysarum spinosissimum L.
„ *humile* L. v. majo[r] Lange = *H. Fontanesii* Boiss.
Calycotome spinosa Lk.
△ *Scorpiurus subvillosa* L.

Und von Gamopetalen:

▴*Plantago albicans* L. z. T. fl.
△*Globularia alypum* L.
△*Daphne gnidium* L.
△*Rubia peregrina* L.
Linum narbonense L.
Coris monspeliensis L. (fol.).
▴• *Anagallis arvensis* L. s. sp. *coerulea* Schreb.
△*Rosmarinus officinalis* L., sehr spärlich.
△*Salvia verbenaca* L., spärlich.
Sideritis Riklii Briq. spec. nov. (1907) [Textfigur 3].
Teucrium pseudochamaepitys L.
Asperula cynanchica L. s. sp. *aristata* (L.) Briq.

Dazu gesellen sich endlich auch noch mehrere Kompositen:

△*Inula viscosa* Ait. (fol.).
▴*Phagnalon rupestre* DC.
Helichrysum stoechas DC.
,, *angustifolium* DC.
Senecio linifolius L.
Santolina chamaecyparissus L.
▴*Asteriscus spinosus* G.G. = *Pallenis spinosa* Cass.

In dieser Liste ist das westmediterrane Element durch vier neue Arten vertreten: *Asperula aristata* L. und *Santolina chamaecyparissus* L. erreichen noch Dalmatien, *Anthyllis cytisoides* L. geht über die Balearen bis nach Korsika und *Onobrychis saxatilis* All. folgt den mediterranen Küstenlandschaften von der Provinz Alicante über Südfrankreich bis nach Ligurien, ohne jedoch auf die tyrrhenischen Inseln überzugehen; sie findet sich auch noch in Südtirol. *Moricandia arvensis* (L.) DC. ist schon eher eine südmediterrane Pflanze, in den nördlichen Teilen des Mittelmeerbeckens fehlt sie grossen Strecken und wo sie hier vorhanden ist, da ist sie selten (z. B. in Südfrankreich einzig bei Marseille). *Senecio linifolius* L. und *Euphorbia sulcata* De Lens. sind iberisch-mauritanische Arten, erstere erreicht auch noch die Balearen; letztere Südfrankreich (Montpellier, Marseille).

c) Ruderalflora: Um Benisa gibt es endlich auch noch zahlreiche Brachäcker, die eine ziemlich reichhaltige Adventivflora aufweisen:

▴*Lamarckia aurea* Mch. ⊙
△*Allium roseum* L. ♃
▴*Reseda alba* L. ⊙
Platycapnos spicatus Bernh. (westmediterran) ⊙
△*Anthyllis tetraphylla* L. ⊙
△*Scorpiurus subvillosa* L. ⊙
▴*Coronilla scorpioides* (L.) Koch ⊙
▴• *Vicia sativa* L. *v. obovata* Ser., in Calpe. ⊙
▴• *Vicia lutea* L. *v. hirta* (Balbis) Boiss. ⊙
▴ *Vicia peregrina* L. ⊙
▴• *Asperula arvensis* L. ⊙
△*Hyoscyamus albus* L. ⊙
△*Cynoglossum pictum* Ait. ⊙
▴*Anchusa italica* Retz ♃

▲*Linaria simplex* DC. (fr.) ⊙
Plantago cynops L. ♃
▲ „ *lagopus* L. ⊙
●*Centaurea calcitrapa* L. ⊙
△*Inula viscosa* Ait. ♃
△*Bellis annua* L. ⊙
▲*Rhagadiolus stellatus* (L.) DC. ⊙
Thrincia hispida Roth ⊙

Von diesen 22 Arten sind mithin 18 einjährig; das sind 86 %.

10. Von Benisa nach Calpe und die Punta de Ifach.

26. III. 1905.

Von Benisa erstreckt sich bis zur Küste eine reichgegliederte, jedoch wenig übersichtliche Hügellandschaft. Garigues und Felsenheiden bedecken dieselbe, doch gehen die beiden Formationen öfters ineinander über. Stellenweise nehmen die Garigues beinahe macchienartigen Charakter an, immerhin werden dieselben nicht über anderthalb Meter hoch. Auf der ganzen mehrstündigen Strecke begegneten wir, jeweilen von Hundegebell begrüsst, nur vier primitiven Caserios. Bei einer dieser Niederlassungen fand sich eine junge Kultur von Halfagras, bei einer anderen ein ganzes Feld von ▲●*Iris germanica* L. in voller Blüte. Um diese Caserios waren je einige Mandelbäume und knorrige Ceratonien, aber keine Orangenbäume angepflanzt. Ausser diesen inmitten der ursprünglichen Vegetation gelegenen Einsiedeleien geben nur noch vereinzelte Windmühlen, und hin und wieder ein kurzer, flüchtiger Blick auf das ferne Benisa oder auf Calpe Zeugnis von der Anwesenheit des Menschen.

a) Garigues:

▲*Cistus salvifolius* L., viel.
△*C. monspeliensis* L., gegen die Küste häufiger werdend.
△*C. albidus* L.
C. Clusii Dun., als Kleinstrauch mit öfters dem Boden angeschmiegten Zweigen.
△*Erica arborea* L., reichlich.
E. multiflora L.
△*Arbutus unedo* L., sehr selten (es wurde nur ein Exemplar beobachtet).
△*Rosmarinus officinalis* L. (fl.) fr.
Ulex australis Clem.
Anthyllis cytisoides L. (fl.) massenhaft, oft geradezu tonangebend.
Dorycnium suffruticosum Vill., stellenweise sehr reichlich.
●*Crataegus monogyna* Jacq.
„ *brevispina* Kze. (fl.)
△*Globularia alypum* L., zuerst selten, gegen die Küste häufiger werdend.
Rhamnus lycioides L.
△*Quercus coccifera* L.
△*Pistacia lentiscus* L.
Carlina racemosa L. fr. (fol.)
Chamaerops humilis L., selten.
△*Smilax aspera* L. (fol.)
△*Pinus halepensis* Mill., in vereinzelten, dürftigen, von Mensch und Tier meistens elend verkrüppelten Exemplaren.

Aus diesen Garigues ragt hin und wieder ein schlanker bis über Meter hoher, an der Basis verholzter Fingerhut mit höchst eigentümlich dunkel gelbbraunen Blüten empor, es ist *Digitalis obscura* L., eine auf Zentral-, Ost- und Südspanien beschränkte Art.

b) Felsenheiden. Nach der Leitpflanze lassen sich drei Typen unterscheiden: die Passerinaheide (▲ *Passerina hirsuta* L.), die Asphodillflur (△ *Asphodelus fistulosus* L., es fehlt *A. albus* Mill.) und die Thymiantomillares mit *Thymus vulgaris* L. (fl.) fr. — Die Begleitpflanzen dieser drei Facies sind:

△ *Brachypodium ramosum* (L.) R. et S.
▲ *Köleria phleoides* (Vill.) Pers.
Mercurialis tomentosa L.
Polygala rupestris Pourr.
Viola arborescens L.
△ *Fumana viscida* Spach
● *Ononis natrix* L.
Onobrychis saxatilis All.
△ *Dorycnium hirsutum* Ser., vereinzelt.
▲● *Trifolium fragiferum* L.
Astragalus monspessulanus L.
Hedysarum spinosissimum L.
▲ *Coronilla scorpioides* (L.) Koch
Medicago spec. (fl.), mit langen, schlangenartigen Kriechtrieben.
Matthiola parviflora (Schousb.), R. Br.
Linum narbonense L.
▲ *Verbascum sinuatum* L.
▲● *Marrubium vulgare* L.
▲ *Teucrium polium* L. *v. capitatum* (L.) Briq.
Senecio linifolius L.
△ *Urospermum Dalechampii* (L.) Desf.
△ *Bellis annua* L., massenhaft.
△ *Inula viscosa* Ait. (fr.) fl.
▲ *Phagnalon rupestre* DC.
△ *Asteriscus maritimus* Less.
Carlina racemosa L. (fr.) fol.
▲● *Onopordon acanthium* L. (fl.)

Eine Überraschung wird uns zu teil, da fliesst wahrhaftig ein frisches munteres Bächlein mit klarem Wasser. Im Sande breitet sich ● *Carex glauca* Murr. und über fusshoher ▲● *Holoschoonus vulgaris* Link aus und längs den Ufern erstrecken sich Röhrichte des Pfahlrohres (△ *Arundo donax* L.) mit vorjährigen, abgedorrten, bis 7 m hohen Riesenhalmen.

* * *

Das landfest gewordene Felsenriff von Ifach bei Calpe (Taf. II Fig. 4) ist durch eine flache Niederung mit dem Festland verbunden, dann erhebt sich terrassenartig das Gelände, um plötzlich, ganz unvermittelt in den kompakten, von senkrechten Felswänden begrenzten Kalkkoloss der Punta de Ifach, einer weit ins Meer vorspringenden Halbinsel, überzugehen. In diesem Gebiet erfolgt ein rascher Formationswechsel. Es lassen sich fünf Vegetationszonen unterscheiden:

1. Die Kulturzone. Sie erstreckt sich über das Flachland. Getreideäcker wechseln mit Mandel-, Öl- und Johannisbeerbäumen ab. Die Bewirtschaftung erfolgt vom nordwestlich gelegenen Calpe aus.

2. Strand- und Dünenzone. Erstere erstreckt sich längs der Flachküste zu beiden Seiten der Halbinsel. Der ganze Strand ist mit Posidonienkugeln, welche durch den Wind weit landeinwärts verschleppt werden, ganz bedeckt. Als Dünenpflanzen treten auf:

△ *Asphodelus fistulosus* L., massenhaft (S.)[1])
Gynandriris sisyrinchium Parl.
△ *Urginea scilla* Steinh. fol. (S.)
▲ *Plantago maritima* L. (S.)
△ *Atriplex halimus* L. (S.)
▲ *Passerina hirsuta* L.
● *Cakile maritima* Scop. (S.)
△ *Lobularia maritima* Desv.
▲ *Frankenia pulverulenta* L.
● *Ononis natrix* L.
△ *Lotus creticus* L.
Fagonia cretica L. (fl.)
△ *Inula crithmoides* L. (fol.) (S.)

3. Tomillares und Garigues beanspruchen die unteren Teile der Vorhügelzone des Felsenriffes. Die stellenweise dominierenden Tomillares bestehen wieder fast ausschliesslich aus *Thymus vulgaris* L. In den Garigues herrscht *Cistus Clusii* Dun., öfters schmarotzt die Rafflesiacee △*Cytinus hypocistis* L. auf ihren Wurzeln; reichlich vertreten ist △ *C. albidus* L. (fl.) und △ *Rosmarinus officinalis* L. (fl.) fr., auch *Chamaerops humilis* L. (fol.) findet sich hier an der Küste wiederum reichlich, doch immer nur in niedrigen, dem Boden angepressten Exemplaren.

4. Felsenheiden bedecken die höheren Teile der Vorhügel bis zu den Felswänden der Punta de Ifach, in den oberen Lagen werden sie immer steiniger und felsiger. Zur Passerinaheide und Asphodillflur (△ *Asphodelus fistulosus* L., meistens bereits verblüht), gesellt sich als dritter Typus noch die Euphorbiaheide hinzu, sie besteht hauptsächlich aus *Euphorbia pithyusa* L., welche an ihren derben glauken, schwach sukkulenten Blättern leicht zu erkennen ist. Dazu kommen als weitere Begleitpflanzen:

Asparagus horridus L. f.
▲ *Köleria phleoïdes* (Vill.) Pers.
Macrochloa tennacissima Kth., spärlich.
Lygeum spartum L.
△ *Fumana viscida* Spach
Helianthemum lavandulaefolium (Lam.) DC.
● *Ononis natrix* L.
△ *Anthyllis tetraphylla* L.
Coronilla juncea L., westmediterran.
Dorycnium suffruticosum Vill.
▲ *Teucrium polium* L.

[1]) (S.) = Saftpflanzen.

Lavandula dentata L.
Coridothymus capitatus Rchb. f. (fol.)
Artemisia Barrelieri Bess.
Convolvulus lanuginosus Desr.
▲● *Anagallis arvensis* L., s. spec. *coerulea* Schreb.

5. Die Felsflora. Die Felsflora der Punta de Ifach ist berühmt durch ihren ausserordentlichen Reichtum an seltenen, z. T. für diesen Teil der Provinz Valencia endemischen Arten. Leider war aber diese Flora zur Zeit unseres Besuches noch sehr zurück, so dass unsere Ausbeute ziemlich bescheiden war. Vom Festland aus ist überhaupt nur die Schattenseite des Felsens, die Nordwestseite, einigermassen zugänglich.

▲*Ficus carica* L.
Osyris quadripartita Decsne (1836).
△*Matthiola incana* (L.) R. Br.
Biscutella montana Cav.
Biscutella stenophylla Duff.
Dianthus lusitanicus Brot.
Lavatera maritima Gouan
Lavandula dentata L.
Satureia obovata Lag. (fol.).?
Hippocrepis valentina Boiss.
▲● *Hedera helix* L. (fol.)
△ *Lonicera implexa* Ait. (fol.)
Scabiosa saxatilis Cav. (fol.)
Euphorbia rupicola Boiss.
L *Smilax aspera* L.
▲●*Asplenum ceterach* L.
● *Asplenum fontanum* (L.) Bernh.

Von ganz besonderer Bedeutung sind endlich zwei Filzpflanzen, die mit tiefen Pfahlwurzeln in den Ritzen der Felsplatten bei der Zollstätte von Calpe vorkommen. Es ist zunächst das *Helianthemum caput felis* Boiss., welches bald kleine knorrige, dem Boden dicht angepresste Spaliersträuchchen, bald eigentliche bis über 10 cm im Durchmesser erreichende Polster bildet. Aus dem schneeweissen Indument heben sich die leuchtend goldgelben Blüten prächtig ab. Von dieser Pflanze sind bisher nur drei weit auseinander liegende Standorte bekannt geworden. Ausser an der Punta de Ifach findet sie sich noch je an einer Stelle in Oran (Aïn-el-Turk.) und auf Mallorca (La Salinas de Campos). Von ganz ähnlichem Aussehen ist das *Helichrysum decumbens* Camb.; doch besitzt diese Art im südwestlichen Mittelmeerbecken ein viel grösseres Verbreitungsareal und zudem hat sie noch an der französischen Riviera einige vorgeschobene Aussenposten (Port Vendres, Ile St. Lucie, Marseille).

Bevor wir weiter nach Süden ziehen, wollen wir noch einen Blick auf die Floren von Denia und Benisa werfen. Das physiognomische Vegetationsbild ist von grösster Einförmigkeit, immer nur Garigues und Felsenheiden, Felsenheiden und Garigues; andere Formationen kommen kaum in Betracht. Trotzdem hat sich die Flora in ungeahnter Weise bereichert und zwar nach zwei Richtungen.

Sehen wir von den, gegenüber den nördlichen Teilen der spanischen Riviera nun bedeutend grösseren Zahl südlich- und westlich-mediterranen Arten, welche besonders der Felsenheide und der Felsflora angehören, ab, so sind es in erster Linie die Sierren, welche zahlreiche Pflanzen von recht beschränktem Verbreitungsareal aufzuweisen haben. Es sind zumeist Arten, die nur innerhalb der iberischen Halbinsel auftreten, einige erreichen auch noch die Balearen oder finden sich wieder in Nordafrika, doch meist nur an wenigen Standorten; wieder andere sind sogar valencinisch. Diese Liste umfasst folgende 27 Arten:

Diplotaxis brassicoides Rouy

N[1]) *Biscutella montana* Cav. Sierren von Valencia bis Granada und Gibraltar.

B. stenophylla Duff. Gebirge von Granada und Valencia, auch an einer Stelle in Aragonien (Sierra de Moncayo).

Thalictrum tuberosum L. Ost- und Nordspanien, Süd- und Südwestfrankreich.

Viola arborescens L. Von Nordafrika durch Süd- und Ostspanien bis Südfrankreich, Balearen.

Polygala rupestris Pourr. Von ähnlicher Verbreitung, wie die vorige Art.

N) *Helianthemum caput felis* Boiss., Verbreitung siehe pag. 59.

H. marifolium (Cav.) DC. *v. tomentosum* Wk., westlich-mediterran bis Südfrankreich, Sardinien, Süditalien.

N) *Euphorbia rupicola* Boiss. Südostspanien (Valencia, Murcia, Granada, Gibraltar).

E. sulcata De Lens. Von Nordafrika durch Süd- und Ostspanien bis Südfrankreich.

N) *Osyris quadripartita* Decsne Marokko, Algerien (Tell), Südportugal, Süd- und Südostspanien.

Bupleurum spinosum Gou. Nordafrika, Süd- und Ostspanien, nördlich bis Aragonien, Korsika.

N) *Hippocrepis valentina* Boiss. Einzig Provinz Valencia und daselbst von sehr beschränkter Verbreitung.

N) *Matthiola parviflora* (Schousb.) R. Br. Nordafrika, Süd- und Südostspanien.

N) *Poterium ancistroides* Desf. Nordafrika, Sierra de Gador (Granada) und Valencia.

[1]) Die mit N) bezeichneten Arten erreichen in Spanien auf der Halbinsel von Alcoy oder in den Sierren westlich von Valencia ihre Nordgrenze.

Crataegus brevispina Kze. Süd- und Südostspanien, südlich Aragonien, Balearen.

Digitalis obscura L. Ost-, Zentral- und Südspanien.

Linaria origanifolia (L.) DC. Felsenpflanze: Portugal, Spanien, Pyrenäen bis Südfrankreich.

Linaria crassifolia Cav. (Kze.). Felsenpflanze: Ost- und Südspanien, nördlich bis in die Pyrenäen.

Linaria Haenseleri Boiss. Sierren von Zentral-, Südost- und Südspanien, ein Standort in Alt-Kastilien.

Lithospermum fruticosum L., makroiberisch, doch in einer nahverwandten Art (*L. consobrinum* Pomel.) in Nordafrika vertreten.

Convolvulus lanuginosus Desr. Durch Spanien bis Südfrankreich.

N) *Satureja obovata* Lag. Süd- und Südostspanien.

N) *Coridothymus capitatus* Rchb. f., südmediterran.

N) *Senecio linifolius* L. Nordafrika, Süd- und Südostspanien, Balearen.

N) *Hymenostemma Fontanesii* Wk. Nordafrika, Süd- und Südostspanien.

N) *Scabiosa saxatilis* Cav. Nur in Valencia.

Aber auch noch in einer anderen Hinsicht gewährt die Flora der Halbinsel Alcoy ein ganz besonderes Interesse, denn dieser Florenbezirk ist ein Vorposten der Steppenflora. Da und dort, allerdings nur vereinzelt und so ihren fremden Ursprung verratend, treten schon zwischen Denia und Calpe einzelne typische Steppenpflanzen auf. Es sind: *Atriplex halimus* L., allerdings nicht nur Steppen-, sondern auch Strandpflanze, *Helianthemum lavandulaefolium* (Lam.) DC., *Helichrysum decumbens* Camb., *Lygeum spartum* L., dann das Esparto- oder Halfagras, *Macrochloa tenacissima* Kth. und die Zygophyllacee *Fagonia cretica* L. Alle diese Steppenpflanzen treten im Gebiet als Bestandteile der Felsenheide auf. Schon in den nächsten Tagen sollten wir Gelegenheit haben, die eigentliche Litoralsteppe kennen zu lernen.

11. Steppeninseln zwischen Benidorm und Alicante.

27. III. 1905.

Die folgenden Tage reisten wir immer der Küste entlang über Altéa und Villajoyosa nach Alicante. An zwei Stellen durchquerten wir Steppeninseln, die erste südlich von Benidorm und dann ein zweites ausgedehnteres Steppengebiet, welches bald nach Villajoyosa beginnt und sich bis zur Mündung des Rio de Monnegre (= Rio Castalla) nordöstlich von Alicante, d. h. über ca. 15 km. erstreckt.

Benidorm ist eine kleine, malerisch auf einem kahlen Felsenvorsprung am Meere gelegene Ortschaft. Die niederen, fast fensterlosen Häuschen mit ihren ganz flachen Dächern haben beinahe die Farbe des Gesteins auf dem sie aufgebaut sind; so entzieht sich das kleine Küstenstädtchen unseren Blicken, bis wir in dessen nächster Nähe sind. Für die grosse Trockenheit der Gegend sprechen schon die zahlreichen Norias, die überall sichtbar sind. Da und dort erheben sich einige schlanke Dattelpalmen oder auch eine vereinzelte Pinie mit ihrer schirmförmigen Krone. Die Kirche besitzt eine grosse Kuppel, welche mit blauglasierten Ziegeln, den sog. Azuleyos, bedeckt ist; darüber breitet sich der azurblaue Himmel aus, und vor uns liegt das weite Meer, dessen Farbe mit der des Firmamentes an Intensität und Lichtfülle zu wetteifern scheint.

Kaum liegt Benidorm hinter uns, so hören die Kulturen auf und die ersten inselartigen Vorläufer der Steppe umgeben uns. Es ist eine hügelige Lösslandschaft von unglaublicher Kahlheit und Unfruchtbarkeit. Der Baumwuchs ist nur noch in kümmerlichster Form im Hintergrund von Meerbuchten oder in kleinen Depressionen erhalten geblieben, so dass derselbe einen ganz oasenartigen Eindruck macht. Es sind für einige Zeit die letzten Vertreter der Holzgewächse. Diese elenden, über und über mit Staub bedeckten Palmen- und Granatapfelbäume gewähren einen geradezu trostlosen Anblick. Verhältnismässig am besten scheint noch der Ölbaum (*Olea europaea* L.) zu gedeihen, er ist auch am häufigsten. Grau die Landschaft, grau die wenigen Bäume, das ist das Wahrzeichen dieser Steppeninsel. Fürchterlich trocken und heiss, die umgebenden Hügel vollständig kahl, nur die nackte Erdfarbe zeigend; von einem „Vegetationsbild" kann kaum mehr die Rede sein. Wenn die Strasse einen Torrenten überbrückt, so hat derselbe keinen Tropfen Wasser und doch stehen wir erst am Beginn der eigentlichen Trockenperiode. Wenn es zur Seltenheit einmal regnet, so ist der Niederschlag gewöhnlich kurz, aber dafür oft von sündflutartiger Heftigkeit. Das Wasser vermag dann nicht in den von der Sonnenglut steinhart gewordenen Boden einzusickern, aber die sich sammelnden und rasch abfliessenden Wasser reissen tiefe Rinnen in den Löss, so dass die Landschaft eigentümlich zerrissen und zerfurcht wird. Wie in Vorpostenstellung stehen an der Landstrasse noch einige Agaven und verkrüppelte Ceratonien.

Ein etwas anderes Bild gewährt die Steppe südlich von Villajoyosa. Nackte, ausgetrocknete Erde, untermischt mit vielen Steinen und Felsblöcken, beanspruchen reichlich vier Fünftel des uns umgebenden Landes. Dazwischen stehen einige Kleinsträucher und hin und wieder einige Horste des Espartograses. Die wenigen Pflanzen

zeigen ausgeprägte xerophytische Anpassungen. Die Sukkulenten überwiegen, dann folgen die Rutenpflanzen und sparrig-dornige Halbsträucher. Obwohl erst Ende März, so besitzt doch die Vegetation ganz den Charakter einer verkümmerten Sommerflora. Wegen des Ausbleibens der Winterregen ist die Frühlingsflora nur in wenigen dürftigen Vertretern zur Entwicklung gekommen. Auf der Nordseite der Hügel, welche vor den austrocknenden Seewinden etwas besser geschützt und weniger lang der intensiven Besonnung ausgesetzt sind, ist die Pflanzenwelt reichlicher vertreten, die Formation etwas geschlossener. Hier treten die letzten, allerdings recht kümmerlichen Garigues auf, doch den grössten Teil des Bodens beansprucht die Felsensteppe:

a) Die letzten Garigues.

△ *Quercus coccifera* L., vorherrschend.
Thymus vulgaris L., sehr viel, aber bereits verblüht.
△ *Brachypodium ramosum* (L.) R. et S.
} Leitpflanzen.

Spärlicher sind vertreten:

Chamaerops humilis L., selten und kümmerlich.
△ *Pistacia lentiscus* L.
△ *Globularia alypum* L.
▲● *Rubus amoenus* Port.
Rhamnus lycioides L.
Erica multiflora L.

und von Kräutern: ▲ *Phagnalon rupestre* DC. und *Ph. sordidum* DC.; △ *Inula viscosa* Ait. (fr.) fl.

b) Flora der Felsensteppe (27 Arten).

Macrochloa tenacissima Kth., horstweise.
Lygeum spartum L.
▲ *Andropogon pubescens* Vis.
Juniperus oxycedrus L.
Ephedra fragilis Desf.
△ *Asphodelus fistulosus* L., massenhaft, jedoch meist verblüht, mit sich verfärbenden und absterbenden oberirdischen Trieben.
Moricandia arvensis (L.) DC.
△ *Matthiola tristis* (L.) R. Br.
Brassica Tournefortii Gou.
Eruca vesicaria (L.) Cav.
Pendulina intricata Wk.
„ *Lagascana* (DC.) Wk.
Haplophyllum hispanicum (L.) Spach
△ *Sedum altissimum* Poir. (fol.)
Helianthemum pilosum (L.) Pers. *var. tomentellum* Wk.
Helianthemum lavandulaefolium (Lam.) DC.
H. Fumana Mill. *v. ericoides* Dun. = F. Spachi G. G.
Anthyllis cytisoides L., stellenweise reichlich.
△ *Coronilla glauca* L.

Astragalus hispanicus Coss.
Dorycnium suffruticosum Vill.
v. cuneatum Rikli
Fagonia cretica L.
Thymus longiflorus Boiss.
▲ *Pallenis spinosa* Cass.
Helichrysum stoechas DC.
v. caespitosum Wk.
v. maritimum Lge.
▲ *Passerina hirsuta* L., ziemlich häufig.
△ *Atriplex halimus* L.

Nach dieser ersten Bekanntschaft mit der Steppe drängt sich uns die Frage auf: Was ist die Steppe? Nach ihrem physiognomischen Gesamtcharakter könnte man geneigt sein, die Steppe als eine verarmte Felsenheide zu erklären. Diese Definition würde aber insofern ganz irrige Vorstellungen wachrufen, als damit auch Steppen- und Felsenheideflora indentifiziert werden. Schon unser erster flüchtiger Eindruck der Steppe hat uns aber gezeigt, dass dieselbe mit der Felsenheide nur wenige Arten gemeinsam hat. Das Hauptkontingent der Steppenflora stellt nicht die Felsenheide, es ist vielmehr eine Pflanzenwelt für sich, deren Biologie, Pflanzengeographie und Herkunft wir am Schluss der Exkursionsberichte einen eigenen Abschnitt widmen wollen. Wir verzichten daher hier auf eine weitere Analyse der Flora der Felsensteppe.

12. Elche (Tafel III Fig. 5).

28. III. 1905; 30. III. 1906.

Das Hauptinteresse von Elche nimmt das Kulturland, besonders das Studium des Palmenwaldes in Anspruch. Wir haben denselben im Neujahrsblatt (25) einer eingehenderen Besprechung unterzogen, so dass wir hier nur vom Naturland zu sprechen haben. Elche — eine intensiv betriebene Kulturoase, — wo bleibt da noch Raum für die ursprüngliche Flora? Bei unserem ersten Besuch, am 28. März 1905, dachten wir daher überhaupt nicht an die Möglichkeit, dass in nächster Nähe der Stadt noch Steppenreste vorhanden sein könnten. Am 30. März 1906 kam ich zum zweiten Male nach Elche. Da die Zeit etwas weniger knapp bemessen ist, so unternehmen wir auch eine Exkursion vor die Stadt. Wir verlassen Elche auf der massiven Steinbrücke, welche von der Fahrstrasse nach Crevillente und Murcia benützt wird und gehen auf einem Flurweg längs des rechten Ufers des Vinalupo bis zur Eisenbahnbrücke, um über dieselbe nach der Stadt zurückzugehen. Der Weg von Brücke zu Brücke ist ohne Anstrengung in zwanzig Minuten zurückzulegen, die Flora war jedoch so reich, dass die Exkursion gegen drei Stunde



Nach käufl. Phot.

Fig. 10. Partie aus dem Palmenwald von Elche.

Im Vordergrund eine Tartane (pag. 131).



in Anspruch nahm. Diese Wanderung war in botanischer, wie in kulturhistorischer Hinsicht von allergrösstem Interesse, denn zwischen den Kulturen sind noch überall Reste der ehemaligen Steppe erhalten geblieben. Zu beiden Seiten des Flurweges, am Abhang zum Trockenbett des Vinalupo, auf den schmalen, oft nur einige Meter oder gar nur wenige Fuss breiten Landstreifen zwischen den einzelnen Feldern und Äckern hatten wir reiche Ausbeute. Fast jeder Schritt brachte eine neue Überraschung. Neben den Steppenpflanzen war aber auch die Adventivflora, auf einzelnen brach liegenden Äckern und Ruderalplätzen, wiederum reichlich vertreten.

a) Flora der Brachäcker und Schuttplätze.

▲ *Koeleria phleoides* (Vill.) Pers.
▲ *Lamarckia-aurea* Mönch
▲ *Sphenopus divaricatus* (Gouan) Rchb., unter Luzerne.
▲ *Phalaris minor* Retz., Riesenexemplare bis 45 cm hoch, auf sehr stickstoffreichem Boden.
△ *Allium roseum* L. *v. carneum* Bertol., besonders häufig im Palmenwald, als Unkraut unter Gerste; vertritt im Vegetationsbild ganz unsere *Cardamine pratensis* L.
Hypecoum grandiflorum Bth.
▲ *Fumaria parviflora* Lam.
Platycapnos spicatus Bernh., (westmediterran).
▲ *Roemeria hybrida* (L.) DC.
● *Reseda phyteuma* L.
△ *Paronychia argentea* Lam.
▲● *Spergularia media* (L). Pers.
Silene rubella L. (unter Gerste im Palmenwald).
▲● *Lepidium draba* L., auch viel unter Gerste.
▲● *Sisymbrium irio* L.
● *Diplotaxis muralis* (L.) DC.
▲ *Lathyrus sativus* L.
△ *Melilotus sulcata* Desf.
△ *Scorpiurus subvillosa* L.
● *Ononis natrix* L.
▲ *Coronilla scorpioides* (L.) Koch
▲● *Plantago coronopus* L.
△ *Convolvulus althaeoides* L.
▲ *Calendula arvensis* L.
△ *Picridium vulgare* Desf.
▲ *Hedypnois polymorpha* DC.
Anacyclus valentinus L., auch in La Union bei Cartagena.

Vergleichen wir diese Liste mit den bei Cette und Barcelona gesammelten Ruderalpflanzen, so muss auffallen, dass nun auch in der Ruderalflora das mitteleuropäische Florenelement ganz ausgemerzt ist. Abgesehen von dem, als verwilderte Kulturpflanze aufzufassenden *Lathyrus sativus* L., sind von den 27 Arten nur 6 Arten (ca. 22 %) auch noch in der Schweizerflora vertreten. Alle 6 Pflanzen sind Arten, deren südliche Herkunft nicht in Frage steht: ▲● *Sisymbrium irio* L., ● *Reseda phyteuma* L., ▲ *Calendula arvensis* L. sind zudem seltene Gäste (Ephemerophyten), etwas verbreiteter und häufiger ist ● *Diplotaxis muralis* (L.) DC.; ▲● *Lepidium draba*

L. ist ein Neophyt, jetzt zwar verbreitet und stellenweise häufig, aber doch erst seit einigen Dezennien eingebürgert; nur ● *Ononis natrix* L. bildet einen eigentlich integrierenden Bestandteil der Flora der wärmeren Landesteile. Fast all' diese Arten sind durch das ganze Mittelmeerbecken verbreitet; einzig *Platycapnos spicatus* Bernh. und *Anacyclus valentinus* L. besitzen vorwiegend westmediterrane Areale. Die Zusammensetzung der Ruderalflora von Elche bedeutet somit, auch für diese sonst so ausserordentlich heterogen zusammengesetzte ubiquistische Vergesellschaftung, einen vollständigen Sieg des mediterranen Florenelementes.

b) Reste der Steppenflora zwischen Kulturland.

Lygeum spartum L.
▲ *Stupa parviflora* Desf.
▲ *Stupa tortilis* Desf., normale und sehr stark verkümmerte Exemplare.
△ *Atriplex halimus* L.
▲ *Suaeda fruticosa* (L.) Forsk.
▲ *Peganum harmala* L. (fol.)
▲ *Aizoon hispanicum* L.
▲ *Mesembryanthemum nodiflorum* L.
Reseda Gayana Boiss.
▲ *Plantago albicans* L.
▲ *Statice Thouini* Viv.
△ *Statice Limonum* L., *v. macroclada* Boiss. = *St. serotina* Rchb., an Bewässerungskanälen.
▲ *Carrichtera vellae* (L.) DC.
Pendulina Lagascana (DC.) Wk.
Moricandia arvensis (L.) DC.
Matthiola parviflora (Schousb.) R. Br.
▲ *Vicia angustifolia* All. *v. amphicarpa* Boiss.
Fagonia cretica L.
Lycium intricatum Boiss.
Convolvulus lanuginosus Desv.
▲● *Marrubium vulgare* L.
▲ *Marrubium allyson* L.
Teucrium pseudochamaepitys L.
△ *Evax pygmaea* (L.) Pers.
Phagnalon sordidum (L.) DC.
Senecio linifolius L.
Atractylis cancellata L.

Mit Ausnahme von drei Pflanzen der Felsenheide ▲●*Marrubium vulgare* L., *Teucrium pseudochamaepitys* L. und *Phagnalon sordidum* (L.) DC. besteht die ganze übrige Florula somit aus typischen Steppenpflanzen; auch ▲*Plantago albicans* L., *Moricandia arvensis* (L.) DC. und △*Evax pygmaea* (L.) Pers. sind wohl ursprünglich Steppenbewohner; denn obwohl öfters als Bestandteile der Felsenheide angetroffen, erreichen sie doch in der Steppe ihre Massenentfaltung.

13. Exkursion am Westufer des Fjordes von Cartagena.

29./30. III. 1905.

Willkomm spricht von der Steppe von Cartagena. Die Vegetation der von uns besuchten Abhänge und Hügel verdient jedoch

den Namen „Steppe" nicht. Was wir gesehen haben, war nur eine verarmte Felsenheide, da und dort mit dürftigen Anklängen an Garigues. Von Steppenpflanzen sammelten wir nur: △*Atriplex halimus* L., ▲*Suaeda fruticosa* (L.) Forsk. und *Fagonia cretica* L., die beiden ersten Arten sind zudem nicht ausschliesslich Steppen-, sondern auch Strandpflanzen. Natürlicher Baumwuchs fehlt ganz. Einzig aus der im Norden der Stadt gelegenen Huerta erheben sich grössere Palmenhaine.

a) Reste der Garigueformation: *Chamaerops humilis* L., △*Daphne gnidium* L., *Calycotome spinosa* Lk. und △*C. villosa* Lk. sowie ein ephedroider Ginster: *Genista umbellata* Poir., eine iberisch-mauritanische Pflanze.

b) Felsenheide (55 spec.). Überall trat massenhaft, zwischen den Steinen und dem die Hügel bedeckenden Geröll, auch wieder △*Brachypodium ramosum* (L.) R. et S. auf und zwar trafen wir diese Pflanze hier zum ersten Male in Blüte. Neben Brachypodium ist der Thymian (*Thymus vulgaris* L.) noch reichlich vertreten. Alle anderen Arten treten gegenüber diesen beiden Leitpflanzen stark zurück. Es sind:

▲ *Brachypodium distachyon* (L.) R. et Schult., *f. pentastachyon* (Tin.) A. et G.
▲ *Bromus matritensis* L.
▲ *Lamarckia aurea* L.
△ *Lagurus ovatus* L.
▲ *Aegilops ovata* L.
△ *Ophrys tenthredinifera* W.
△ *Arisarum vulgare* Targ.-Tozz.
Asparagus horridus L.
△ *Asphodelus fistulosus* L., reichlich, aber meist verblüht und mit bereits ausgereiften Früchten.
Gynandriris sisyrinchium Parl.
▲ *Mesembryanthemum nodiflorum* L.
△ *Paronychia argentea* Lam.
▲ *Frankenia pulverulenta* L.
△ *Silene colorata* Poir.
▲● *Spergularia rubra* (L.) Pers.
▲● *Spergularia media* (L.) Pers.
● *Reseda phyteuma* L.
△ *Polygala monspeliaca* L.
Polygala rupestris Pourr.
▲ *Passerina hirsuta* L.
Aristolochia baetica L., spärlich, iberisch-mauritanisch (nördlich bis Tarragona).
Viola arborescens L.
▲ *Ruta chalepensis* L., *v. angustifolia* (Pers.) Wk.
△ *Lobularia maritima* Desv.
● *Cakile maritima* Scop.
▲ *Psoralea bituminosa* L.
▲ *Trifolium stellatum* L.
Astragalus sesameus L.
Ononis ornithopodioides L., südlich-mediterran.
● *Eryngium campestre* L.

▲● *Torilis nodosa* (L.) Gärtn.
▲ *Teucrium polium* L. (fl.) s. spec. *capitatum* (L.) Briq.
Lithospermum fruticosum L., *var. intricatum* Briq. var. nov. (1907[1]).
Sideritis leucantha Cav. *v. paucidentata* Willk. u. Lge., iberisch-mauritanisch.
Teucrium pseudochamaepitys L.
Teucrium buxifolium Schreb., entoiberisch.
Teucrium Freynii Reverchon, nächst verwandt mit *T. cinereum* Boiss.
△ *Ajuga iva* Schreb. (fol.)
▲● *Marrubium vulgare* L.
△ *Convolvulus althaeoides* (L.) S
▲● *Plantago coronopus* L.
▲ „ *lagopus* L.
△ *Vaillantia muralis* L.
▲● *Sherardia arvensis* L.
△ *Galium saccharatum* All.
△ *Galactites tomentosa* Mönch
△ *Carduus pycnocephalus* L.
▲ *Urospermum picroides* (Desf.
Senecio linifolius L.
▲ *Calendula arvensis* L.
△ *Evax pygmaea* (L.) Pers.
△ *Asteriscus maritimus* Less.
Anacyclus valentinus L.

14. Zur Flora der Umgebung von Murcia.

1. IV. 1905.

Murcia liegt mitten in einer weiten Ebene, deren Boden feinstem, sandigem Lehm besteht. Vom Turme der Kathedrale ül blickt man die Stadt und die sie umgebende gewaltige, üppig gr Huerta. Getreidefluren, auf denen auch noch Mandelbäume und sonders viel Maulbeerbäume angepflanzt sind, erstrecken sich ü beinahe unabsehbare Flächen. Murcia ist ein Zentrum der Seic raupenzucht. Am Rande dieser Gartenlandschaft werden auch Johannisbrot- und Olivenbäume gehalten. In der Ferne schlie sich die Bäume mehr und mehr zusammen und täuschen so eine W landschaft vor. Hin und wieder erhebt sich, alles überragend, vereinzelte Dattelpalme. Staubige Strassenzüge verbinden die m am Gebirgsrande gelegenen Ortschaften und in unzähligen Windun durchzieht die gelbbraune Segura befruchtend das Gelände. Begr wird das Bild durch einen gewaltigen Kranz kahler Sierren. Wie feiner Nebel zieht sich ein heller Streifen längs dem Rande der B — es ist der Hitzedunst, die calina, und die aufgewirbelte, f Staubwolke, welche fast stets über der Steppe lagert.

Um Murcia ist das kleinste Stück Land der Kultur unterwor so dass die ursprüngliche Flora ganz verschwunden ist. Will

[1]) Briquet l. c. pag. 105.

dieselbe kennen lernen, so muss man die kahlen Berglandschaften der weiteren Umgebung durchwandern oder man besucht den ca. 7 km im Nordosten der Stadt gelegenen Monteagudo, der sich ähnlich Valeria und Tourbillon bei Sitten, aus der umgebenden Ebene erhebt. Rossmässler vergleicht ihn mit einem spitzen Maulwurfshügel, mitten in einer grünen Wiesenfläche. Der untere Teil des Hügels ist völlig mit einem eigentlichen Wald von *Opuntia Ficus indica* Mill. und *Agaven* bedeckt, zwischen dem stacheligen Gestrüpp muss man sich förmlich durchwinden und verliert dabei jedes Orientierungsvermögen; dann folgt über einige Felsen eine kurze Kletterei zu einer den Gipfel krönenden maurischen Burgruine. Hier oben ist anfangs April bereits alles dürr und verbrannt, wie etwa die Walliser Felsenheide gegen Ende des Hochsommers. Am Fuss des Monteagudo stehen in fürchterlich heisser Lage einige ärmliche Häuschen, zum Teil unter Opuntien ganz versteckt, zum Teil wie Schwalbennester an den Felsen angeklebt.

Die Ausbeute war nicht gross, aber um so reicher an biologisch und pflanzengeographisch interessanten Arten. Im Opuntiengestrüpp entfaltet bereits an steinig-felsigen Stellen der Kappernstrauch (*Capparis spinosa* L.) seine grossen Blüten, und eine strauchige Solanacee mit verhältnismässig grossen Blattflächen (*Withania frutescens* Pauq.) sucht zwischen dem stacheligen Gebüsch Schutz, sowohl gegen die sengende Hitze, als auch gegen die Nachstellungen der Ziegen. Unter ähnlichen Verhältnissen vegetiert die einzige Nyctaginee Europas, eine sonst ganz subtropische Familie, die ▲*Boerhaavia plumbaginea* Cav. Auf den felsigen Stellen sammeln wir: *Lavatera maritima* Guoan; der Blattfilz dieser Pflanze ist hier dichter und die Blattfläche selbst kleiner als anderswo, dann die schon in voller Blüte stehenden sparrigen Kleinsträucher von *Asparagus horridus* L. Biologisch wohl der interessanteste Vertreter ist aber *Lycium intricatum* Boiss., ein 2 bis 4 Fuss hoher Strauch mit zahlreichen, allseits abstehenden, verdornten, bis 10 cm langen Zweigen, welche an Kurztrieben kleine, spatelige, leicht abfällige, sukkulente Blättchen tragen. Jeder Kurztrieb trägt an seinem Ende eine einzige langgestielte röhrenförmige, violette Blüte. Auf dieser sonnenverbrannten Steppeninsel sind von Steppenpflanzen auch noch ▲*Carrichtera vellae* (L.) DC., ▲*Andropogon pubescens* Vis., ▲*Stupa parviflora* Desf. und endlich ▲*Stupa tortilis* Desf. und *Brassica Cossoneana* Boiss et Reut. vorhanden.

Eine nicht weniger interessante Exkursion ist die nach Fuensanta, einer Quelle, die am Südrande der Huerta von Murcia, eine gute Wegstunde von der Stadt, aus dem Berghang der Sierra de Columbares hervortritt. Prof. Wegelin in Frauenfeld hat dieselbe am

16. April 1905 besucht und ist so freundlich gewesen, mir die gesammelte Ausbeute zur Einsicht und zur Bestimmung zuzusenden. Rossmässler berichtet, dass die Fuensanta die einzige Quelle der umliegenden Berge sei. Das Wasser floss nach einer längeren Trockenperiode so spärlich, dass, um ein Glas zu füllen, fast eine halbe Minute erforderlich war. Doch diese Feuchtigkeit genügt immerhin, um in der schattigen Felsschlucht die Ansiedelung einiger hygrophiler Pflanzen zu ermöglichen, so z. B. der äusserst zierlichen *Sarcocapnos enneaphylla* DC., deren blaugrüne, neunfach zusammengesetzte Blättchen an den feuchten Felswänden, aus denen die Fuensanta herabträufelt, grünen. Aus der Mitte der kreisrunden Polster entsprossen die zarten Blüten. In Felsritzen finden sich hin und wieder auch Büsche der klebrigen, brüchigen *Lafuentea rotundifolia* L., ein südlicher Gebirgsendemismus, der nur von wenigen Sierren von Murcia und Granada bekannt ist. In Murcia kommt dieses monotypische Genus an vier Stellen vor: S. Miguel bei Orihuela, Fuensanta und Santa Catalina bei Murcia und bei Cartagena. Und in Granada gibt es sogar nur drei Fundstellen: Velez de Benandalla, um Almeria und Malaga. Diese Scrophulariacee, welche gewöhnlich dem Verwandschaftskreis der Gattung Digitalis zugezählt wird, hat weisse Blüten, die in dichten, vielblütigen, verlängerten Ähren stehen. An schattigen Stellen der Schlucht schliessen sich △*Lagurus ovatus* L., △*Vaillantia muralis* L., ▲*Trifolium stellatum* L., △*Galium saccharatum* All., △*Rumex bucephalophorus* L., △*Ajuga iva* Schreb. und *Teucrium pseudochamaepitys* L. zu wirklichem Rasen zusammen. An den etwas frischeren Abhängen kommt es sogar zur Entwicklung eines spärlichen Monte bajo, doch die vorherrschende Formation ist Felsenheide mit Einstrahlungen einzelner Steppenelemente:

▲*Bromus rubens* L.
▲●*Cynodon dactylon* (L.) Pers.
▲*Aegilops ovata* L.
▲*Stupa parviflora* Desf.
▲ „ *tortilis* Desf.
Coronilla juncea L.
▲*Peganum harmala* L.
Phlomis lychnitis L.
Sideritis leucantha Cav.
Ballota hirsuta Benth.
▲*Marrubium vulgare* L. *var. lanatum* Benth.
▲*Marrubium alysson* L.
Convolvulus lanuginosus Desr.
△*Asteriscus maritimus* Less.
Andryala ragusina L.

Willkomm erwähnt von der Fuensanta auch noch: *Kentrophyllum arborescens* Hook., eine strauchige Distel mit bis 4 cm dicken Holzstämmen; wir haben die Pflanze bei Orihuela gesammelt. Auf ihr und auf anderen Kompositenwurzeln schmarotzt die ▲*Orobanche Muteli* F. Schultz. An steinig-felsigen Orten und in Felsspalten treffen wir *Linaria crassifolia* (Cav.) Kze. und die *Statice echioides*

L., auch die seltenen *Galium murcicum* Boiss. et Reut., *Erucastrum baeticum* (Boiss.) Nym. und *Brassica fruticulosa* Cyr. wachsen um die Fuensanta; die beiden ersten Pflanzen sind mikroiberische Arten (Murcia, Granada, Jaen), letztere besitzt ein südwestmediterranes (Spanien, Nordafrika, Sizilien, Neapel) Verbreitungsareal.

15. Die Steppen um und die Flora der Sierra von Orihuela.

2./3. IV. 1905; 31. III. u. 1. IV. 1906.

Orihuela liegt ebenfalls an der Segura, 22 km nordöstlich von Murcia. Im Süden des Städtchens breitet sich die fruchtbare Huerta aus, sie steht mit derjenigen von Murcia in direkter Verbindung. Da sich unmittelbar im Norden der Stadt die vollständig kahle Sierra von Orihuela erhebt (Tafel IV Fig. 6) und nur wenige Kilometer entfernt im Nordwesten und Nordosten sich Fels- und Grassteppen, sowie junges Kulturland ausbreiten, so eignet sich Orihuela vorzüglich als Standquartier zum Studium der Steppenflora. Willkomm sagt ganz zutreffend: Am Ausgang der Stadt auf der murcianischen Seite wird man plötzlich von dem Anblick der das weite Seguratal erfüllenden, von 24 Ortschaften übersäten Huerta überrascht, deren dunkles, saftiges Grün mit den angrenzenden graugelben Steppenfluren und der entsetzlich dürren Sierra einen dem Auge sehr wohltuenden Kontrast bildet. Auf unseren beiden spanischen Reisen haben wir in Orihuela je einige Tage zugebracht.

I. Zur Flora der Vorhöhe der Sierra von Orihuela.

(Tafel IV Fig. 6.)

Von der Stadt führt eine schöne Strasse zu den, etwa 120 m höher gelegenen, ausgedehnten Gebäulichkeiten des Seminario de San Miguel; dann aber geht es ohne Weg über Steingeröll und nackte Kalkfelsen bis zu der den Gipfel krönenden maurischen Burgruine, wo wir, von der drückenden Aprilhitze ganz erschlafft, im Schatten des Gemäuers Schutz vor der direkten Besonnung suchen.

Wer je eine solche Sierra bei klarem Wetter besucht hat, dem wird sich dieses Bild wohl für immer eingeprägt haben. Jede hat ihre Spezialflora, der Endemismus ist ein ganz gewaltiger. Doch es braucht oft eine beinahe übermenschliche Anstrengung, um der so hoch interessanten Flora nachzugehen, denn der nackte Fels strahlt alle Wärme und alles Licht zurück. Kein Schatten weit und breit, kein Luftzug erfrischt den Wanderer. Geröll, Schutt und anstehender Fels beanspruchen wohl 95 % der Oberfläche des Bodens;

die Vegetation ist daher sehr offen, so offen, dass man beinahe von Felswüsten sprechen könnte. Wenn diese Berge endlich noch von Ziegenherden abgesucht worden sind, und das ist fast immer der Fall, so kann man sich leicht eine Vorstellung davon machen, was dem sammelnden Botaniker noch einzuheimsen übrig bleibt, — es ist herzlich wenig. Von den physischen Anstrengungen ganz in Schweiss gebadet, werden die Sinne förmlich betäubt und abgestumpft; ganz mechanisch zieht der Wanderer weiter. Der fast in ewigem Blau prangende Himmel, einer der klarsten Europas, breitet sich über ihm aus.

a) Flora zwischen der Stadt und dem Seminario de San Miguel.

Diese Flora ist ziemlich unansehnlich, sie besteht zumeist aus verbreiteten Arten der Felsenheide oder es sind Ruderalpflanzen.

△ *Asphodelus fistulosus* L., reichlich, jedoch bereits in Frucht und am Absterben.

Uropetalum serotinum Ker. fl. (fr.)
▲ *Mesembryanthemum nodiflorum* L.
△ *Lobularia maritima* Desv.
△ *Paronychia argentea* Lam.
▲ *Psoralea bituminosa* L.
● *Eryngium campestre* L.
▲● *Erodium cicutarium* (L.) L'Hérit.
▲ *Vaillantia hispida* L.
△ *Galium saccharatum* All.
△ *Sideritis romana* L.
▲● *Marrubium vulgare* L.
▲ *Echium italicum* L.
△ „ *plantagineum* L.
△ *Convolvulus althaeoïdes* (L.) Sm.
▲● *Anagallis arvensis* L., s. spec. *coerulea* Schreb.
△ *Picridium tingitanum* Desf.

b) Vegetation über dem Seminario de San Miguel.

α) Typische Felsenpflanzen: *Centaurea ornata* W., eine Prachtspflanze mit grossen, intensiv orangegelben Köpfchen, deren Hüllkelche zierlich regelmässig bewimpert sind und in einen langen, abstehenden Dorn endigen. Die basalen Teile der Blätter und der untere Stengelabschnitt sind stark weisswollig, die Blattflächen dagegen nur spärlich behaart. *Centaurea ornata* W. ist eine auf die Gebirge Zentral-, Ost- und Südspanien beschränkte Pflanze, die nördlichsten Standorte gehören Aragonien an. *Teucrium buxifolium* Schreb. ist ein kleines Felssträuchlein; die bis fingerdicken Pfahlwurzeln sitzen tief in den Felsspalten und entwickeln eine Reihe kleiner, hin und her gebogener, knorrig-weissfilziger Ästchen, welche mit zahlreichen lanzettlichen, am Rande eingerollten und auf der Unterseite durch Filzhaare weisslichen Blättchen besetzt sind. Diese



Phot.: P. Bohny.

Fig. 11. Caserio im Tale des Rio dulce, nordöstlich von Orihuela. Kulturinsel umgeben von Steppenlandschaften.

Im Hintergrund jüngere Oelbaumkulturen; vor der Niederlassung ein ovaler ausgeebneter Platz, zur Erntezeit als Tenne dienend; am Flurweg Agaven mit bis 8 m hohem Blütenkandelaber und ein Feigenbaum, dazwischen Reste der Steppenflora (pag. 77 und 137).

Art hat noch ein beschränkteres Verbreitungsareal, denn sie findet sich nur in Valencia, Murcia und Granada. *Withania frutescens* Pauq. ist ebenfalls hier wieder anzutreffen, aber nur in kleinen, verbissenen, krüppeligen Exemplaren, deren Zweiglein an den heissen, nach Süden exponierten Felsen angepresst sind. Die Blätter sind viel kleiner als bei der Schattenform der Opuntia Ficus indica-Bestände, wie sie uns vom Monteagudo bekannt ist. Diese Withania ist auch eine iberisch-mauritanische Pflanze, deren Hauptverbreitungszentrum in Nordafrika liegt, europäischen Boden erreicht diese Art nur im südlichen Spanien; Orihuela bezeichnet ihre Nordgrenze. Auch die *Lavatera maritima* Guoan fehlt nicht und △*Capparis spinosa* L. entwickelt soeben ihre diesjährigen Triebe.

β) An Felsblöcken und zwischen Geröll und Schutt wachsen:

- ▲ *Notolaena vellea* Desv.
- ▲ *Piptatherum coerulescens* P. B.
- *Asparagus albus* L.
- „ *horridus* L. f.
- △ *Asphodelus fistulosus* L., massenhaft, jedoch schon vergilbt und absterbend.
- *Polygala rupestris* Pourr.
- *Rhamnus lycioides* L., als spalierartig dem Boden angepresster Kleinstrauch.
- • *Ononis natrix* L.
- ▲ *Ruta chalepensis* L. v. *angustifolia* (Pers.) Wk.
- *Fumana laevipes* Spach
- ▲ *Plantago albicans* L.
- *Thymus vulgaris* L., stellenweise sehr reichlich, beinahe reine Tomillares bildend.
- ▲ *Teucrium polium* L. s. spec. *capitatum* (L.) Briq.
- *Teucrium pseudochamaepitys* L., vereinzelt, zwischen Gestrüpp.
- *Sideritis leucantha* Cav. var. *paucidentata* Willk.
- *Sideritis glauca* Cav., mit langen rutenartigen Trieben und entfernt schuppenförmigen Blättchen, ist den Felsen angepresst und bildet eigentliche Polster, doch sind dieselben von den Ziegen meist ganz verfressen.
- *Lavandula multifida* L.
- *Phagnalon saxatile* Cass.
- *Zollikoferia pumila* (Cav.) DC.
- ▲ „ *resedifolia* Coss.

Die für uns neuen Arten sind entweder südlich-mediterrane Elemente oder Pflanzen von iberisch-mauritanischer Verbreitung. Die genauere pflanzengeographische Analyse soll im folgenden Abschnitt erörtert werden.

II. Steppen nordwestlich von Orihuela.

Steinig dürre Hügel, wiederholt von Felsbändern oder von Felsriffen unterbrochen, breiten sich unmittelbar am Fuss der Sierra von Orihuela, nordwestlich von der Stadt, aus. Die grosse Fahrstrasse nach Murcia verläuft längere Zeit zwischen der fruchtbaren Huerta

und diesen trostlosen, jedoch immer eine reiche Flora aufweisenden Felssteppen. Unmittelbar vor Orihuela ist der Versuch gemacht worden, dieses Gelände durch Anpflanzen von Opuntien der Kultur zugänglich zu machen. Gegen den Frass des Kleinviehs trefflich geschützt, gedeiht im Schatten der indischen Feige wieder die *Withania frutescens* Pauq. und △ *Hyoscyamus albus* L.

Die Vegetation besteht hauptsächlich aus Steppenpflanzen, doch sind auch Arten der Felsenheide in grösserer Zahl vorhanden (60 spec.).

Lygeum spartum L.
△ *Brachypodium ramosum* (L.) R. et S.
▲ *Köleria phleoides* (Vill.) Pers.
▲ *Phalaris minor* Retz
Bromus rubens L.
△ *Melica minuta* L.
Asparagus albus L.
 „ *horridus* L. f.
Uropetalum serotinum Ker., eine hyacintenartige Zwiebelpflanze mit eigentümlich schmutzig braungelben Blüten.
Gynandriris sisyrinchium Parl.
△ *Asphodelus fistulosus* L.
Reseda leucantha Hegelm.
Alsine procumbens Frzl.
Ononis minutissima L.
▲ *Psoralaea bituminosa* L.
△ *Scorpiurus subvillosa* L.
△ *Hippocrepis multisiliquosa* L.
Genista murcia Coss., Felsen.
Matthiola parviflora (Schousb.) DC.
Biscutella auriculata L.
 „ *v. erigerifolia* DC.
● *Ononis natrix* L.
▲ *Ruta chalepensis* L. v. *angustifolia* (Pers.) p. sp. Willk.
△ *Rumex bucephalophorus* L.
Euphorbia sulcata De Lens.
 „ *falcata* L.
△ *Thesium divaricatum* (Jan.) DC., Felsen.
Polygala rupestris Pourr.
△ *Paronychia nivea* DC.
Herniaria polygonoides Cav.
▲● *Fumana procumbens* (Dunal) Gren. Godr.
Fumana laevipes Spach
△ „ *viscida* Spach
Helianthemum pilosum (L.) Pers. var. *tomentellum* Wk.
▲ *Reseda alba* L.
△ *Convolvulus althaeoides* (L.) Sm.
 „ *lanuginosus* Desr. v. *sericeus* Boiss.
▲ *Teucrium polium* L.
Teucrium pseudochamaepitys L.
▲● *Marrubium vulgare* L. fol. (fl.)
▲ *Marrubium alysson* L.
△ *Sideritis romana* L.
 „ *leucantha* Cav. var. *paucidentata* Willk. et Lge.
Phlomis lychnitis L.
Thymus vulgaris L.
 „ *Zygis* L.
Lavandula multifida L.
Cynoglossum cheirifolium L.
△ *Statice limonum* L. mit jungen Blütentrieben.
▲ *Plantago albicans* L.
Andryala ragusina L.
▲ *Atractylis caucellata* L.
Helichrysum stoechas DC.

Helichrysum stoechas v. *caespitosum* Wk.
▲*Evax pygmaea* (L.) Pers.
Micropus bombycinus Lag.
▲*Pallenis spinosa* Cass.
▲*Phagnalon rupestre* DC. v. *pedunculare* Wk.
▲*Picridium tingitanum* Desf.
Zollikoferia pumile (Cav.) DC.
▲*Zollikoferia resedifolia* Coss.

III. Reste von Grassteppen am unteren Rio Dulce nördlich von Orihuela.

Wir verlassen Orihuela auf der Landstrasse nach Callosa. Naturhecken aus stacheligen Mimosen oder aus den knorrigen, weidenähnlichen Gestalten der *Tamarix gallica* L. mit ihren zarten, schuppenartigen Laubblättern und schlanken Blütenkätzchen umzäumen das auf beiden Seiten der Strasse liegende Kulturland.

Das Vegetationsbild zeigt folgenden Wechsel:

1. Palmenhain, ziemlich grosse, etwa 50 bis 60 Jahre alte Anlage mit zahlreichen Norias. Die Bewässerung erfolgt demnach hauptsächlich durch das Grundwasser. Im Palmenhain wird massenhaft Gerste angepflanzt, dieselbe ist schon beinahe schnittreif.

2. Olivenkulturen und daneben auf demselben Boden stets noch eine zweite Feldfrucht: Gerste oder seltener Hafer. Die Gerste (*Hordeum distichon* L.) ist öfters von *Ustilago Jensenii* Rostr. befallen und der Hafer (*Avena sativa* L.) wird vom Haferbrand (*Ustilago Avenae* Pers.) heimgesucht. Zwischen den Getreidefluren finden sich auch noch einige kleinere Parzellen der Gemüse-Platterbse (▲*Lathyrus sativus* L.).

3. Reine Kulturen von Ölbaum oder Getreide. Der Ölbaum tritt öfters in einer auffallend lang- und schmalblätterigen Form auf (Blattspreite bis 8 cm lang und nur 8 mm breit). In diesen Kulturen, wie auch längs dem Feldweg fand sich eine grössere Zahl von Unkräutern:

Nigella damascena L. v. minor Boiss. = *N. Bourgaei* Jord.
▲*Adonis microcarpa* DC. var. *dentata* Coss. = *A. cupaniana* Guss.
▲*Roemeria hybrida* (L.) DC.
▲●*Glaucium corniculatum* (L.) Curtis.
Notoceras bicorne (Ait.) Amo.
▲●*Lepidium draba* L.
△*Sisymbrium polyceratium* L.
▲●*Rapistrum rugosum* (L.) Bergeret.
●*Vicia hybrida* L.
▲*Coronilla scorpioides* (L.) Koch
▲*Lathyrus cicera* L.
Oxalis cernua Thunb. = *O. libyca* Viv.
Euphorbia serrata L.
Euphorbia Lagascae Spach

△ *Momordica elaterium* L. △ *Convolvulus althaeoides* (L.)
△ *Antirrhinum majus* L. Sm., auffallend kleinblütig.
△ *Anacyclus clavatus* Pers.

4. Felsenheiden, z. T. vom Typus der

α) Passerinaheide mit ▲ *Passerina hirsuta* L. als Leitpflanze. Begleitpflanzen: ▲● *Fumana procumbens* (Dunal) Gr. Godr., *F. laevipes* Spach, *F. viscida* Spach, ▲● *Helianthemum salicifolium* (L.) Mill., *Biscutella auriculata* L., ▲*Ruta chalepensis* L. var. *angustifolia* (Pers.) Wk., ▲●*Anagallis arvensis* L. s. spec. *coerulea* Schreb., ▲ *Lithospermum apulum* Vahl., *Cynoglossum cheirifolium* L., ▲ *Teucrium polium* L., ▲ *Phagnalon rupestre* DC.

β) Tomillares mit Vorherrschen der Labiaten, besonders *Thymus vulgaris* L. und ▲*Teucrium polium* L.

5. Steppeninseln. Die Steppeninseln sind Überreste der Litoralsteppe, welche jedoch in der Umgebung von Orihuela mehr und mehr durch ausgedehnte Olivenkulturen oder durch unabsehbare Getreidefluren verdrängt wird. Am besten hat sich die Steppe noch, in etwas erhöhter Lage, in einzelnen inselartigen Parzellen, an den rechtsseitigen Vorbergen des Rio Dulce erhalten; doch schieben sich selbst hier überall die Anpflanzungen der Oliven, sowie auch einige kleine Wäldchen von Aleppokiefern (△ *Pinus halepensis* Mill.) zwischen die Reste der ursprünglichen Pflanzenwelt ein. Durch diese Olivenhaine verlaufen Feldwege; an denselben, wie auch auf den schmalen, meist nur 1 bis 3 m breiten Landstreifen, welche die einzelnen Besitzungen voneinander trennen, treten jedoch überall Steppenpflanzen auf. In diesem Grenzgebiet zwischen Natur- und Kulturland werden gelegentlich auch noch kleine Äckerchen mit Linsen (*Lens esculenta* Mönch), Kichernerbsen (*Cicer arietinum* L.) oder linsenartiger Wicke (*Vicia ervilia* [L.] Wild.) bestellt.

Stundenweit voneinander entfernt liegen einige Caserios[1]), sie sind stets umgeben von Agaven, deren vorjährige verholzte Blüten-

[1]) **Uebersicht der Besiedelungsverhältnisse im Gebiete der Litoralsteppe.**

A. Einzelsiedelungen.

I. Schilfhütten (Tafel X Fig. 17). Es sind die primitivsten Niederlassungen der Hirtenbevölkerung. Die Hütte ist rasch gebaut. Einige Pfosten aus Ölbaum- oder Aleppoföhrenholz, nur dürftig zugehauen, bilden das Gerippe; die Wände bestehen aus verflochtenen Matten der Halme des italienischen Rohres (Arundo Donax L.). Zur Bedeckung des Daches wird Halfa oder wo dasselbe fehlt, die Albardine verwendet. Gegen die brennende Hitze des Tages gewährt diese Hütte den Steppenbewohnern einigen Schutz; solid braucht sie nicht zu sein, denn mit der Herde führt auch der Hirte ein Nomadenleben.

II. Lehmhütten (Tafel VIII Fig. 12). Der Bau stimmt ganz mit der Schilfhütte überein, doch sind die Wände mit Lehm verdichtet und verstrichen. Solche Lehmhütten sieht man öfters in der Huerta. Bald werden sie nur als vorüber-

kandelaber noch stehen und bis über 8 m Höhe erreichen. Neben diesen primitiven Niederlassungen fehlt wohl auch nie ein kreisrunder, ausgeebneter, ca. 25 bis 30 m im Durchmesser messender Platz, der zur Erntezeit als Tenne dient, denn das Getreide wird hier immer in der freien Natur gedroschen. Regen kennt man zu dieser Jahreszeit nicht. Diese Caserios sind die eigentlichen Pioniere der Kultur.

Der Boden dieser Steppeninseln ist nicht felsig, sondern bald steinig, bald sandig-mergelig. Die Flora ist arm an Arten, besteht sie doch nur aus verhältnismässig wenigen, allerdings meist massen-

---

gehende Sommersitze benutzt, zur Zeit der Bewirtschaftung der öfters in einiger Entfernung von der Stadt gelegenen Huerta; die ärmere Bevölkerung lebt aber öfters auch ständig in denselben.

III. Höhlenwohnungen (Tafel XII Fig. 20). Im Gebiet der Litoralsteppe und in Andalusien sind oft am Fuss der Gebirgszüge oder am oberen Rande von Plateaus Höhlen in den anstehenden Kalk- oder Sandstein ausgehauen. Tausende von Menschen leben noch heute in Südspanien in solchen Höhlenwohnungen. Es ist das nur in einem Lande mit mediterranem Klima und mit wenig Niederschlägen möglich. In der heissen Jahreszeit sind diese Wohnungen kühl, im milden Winter dagegen verhältnismässig warm. Der Eingang zu diesen Wohnstätten ist gemauert; nur durch eine schmale Türe gelangt man ins Innere. Von der Wohnung sieht man sonst nichts als den Schornstein, welcher in einiger Entfernung vom Plateaurand direkt aus dem Boden entspringt. Bei Callosa vor Orihuela sahen wir zuerst solche Höhlenwohnungen. Es sind nicht immer Einzelansiedelungen, selbst in grösseren Städten gibt es zuweilen ganze Quartiere, so in Guadix und ein Teil des Zigeunerviertels in Granada.

IV. Caserios (Tafel VII u. XI) sind ursprünglich immer als die ersten bleibenden Ansiedelungen in dem in Kultur genommenen Steppenland aufzufassen. Die Caserio besteht immer nur aus einem Erdgeschoss, welches selten über 3 m Höhe erreicht; das flache Dach ist mit Rinnenziegeln bedeckt, eine Öffnung, welche durch eine schwere Holztüre geschlossen werden kann, führt in das Innere, das meist nur zwei Räume umfasst: einen Schlafraum und einen Wohnraum mit Herd. Der Boden besteht aus gestampfter Erde. Fensteröffnungen sieht man nur wenige, zuweilen sogar gar keine; so wird dafür gesorgt, dass die Hitze nicht so leicht in die Wohnung dringen kann. Die Fenster sind zudem oft vergittert; die Abgelegenheit dieser Wohnungen lässt diesen Schutz als vollständig gerechtfertigt erscheinen. Vor denselben befindet sich zuweilen ein primitiver Backofen; die äusseren Mauerflächen sind bald ohne Verputz, bald blendend weiss. Die Caserios finden sich besonders an der Peripherie der Huertas, im sog. Secano, d. h. im nicht bewässerten Kulturland, im Grenzgebiet zwischen Huerta und Naturland. Die Caserios sind stets umgeben von jungen Anpflanzungen von Oliven und Ceratonien; auch Gruppen von Feigen- oder Mandelbäumen fehlen selten; öfters sieht man in der Nähe dieser Wohnungen auch noch Wintergetreide, dagegen werden Reben nur ausnahmsweise angepflanzt. Ein ovaler, etwa 30 m im Durchmesser erreichender, ausgeebneter Platz dient unter freiem Himmel zur Erntezeit als Tenne (Tafel VII). Längs der mit Agaven besetzten Flurwege und zwischen den Kulturen begegnen uns noch überall die Reste der Steppenflora.

V. Posadas (Tafel V). Es sind grössere Gebäudekomplexe, die, wenn immer möglich, an den Kreuzungspunkten wichtiger Strassenzüge errichtet werden, zuweilen liegen sie aber auch mehr oder weniger abseits von den grossen Verkehrsadern, denn die Anlage derselben richtet sich in erster Linie nach dem Vorhandensein von Wasser. Die Posadas enthalten Unterkunftsräume und Stallungen für die Zug- und

haft auftretenden Pflanzen. Die vorherrschenden Arten dieser Steppen sind fast alles Saftpflanzen, Rutengewächse oder Pflanzen mit mehr oder weniger verkümmerten Schuppen- oder Nadelblättern; auch Filzpflanzen sind ziemlich häufig.

Im Gebiet des Rio Dulce waren offenbar einst ausgedehnte Grassteppen vorhanden. Selbst heute noch lassen sich zwei Typen unterscheiden:

a) Die Halfasteppe (Tafel IV Fig. 7), besonders an den Talhängen und auf den Hügeln mit steinig-dürrem Boden. *Macrochloa tenacissima* Kth., das Esparto- oder Halfagras ist Leitpflanze. Dieses stattliche Gras bildet immer Horste. Aus einiger Entfernung sehen daher die mit Halfa bedeckten Hügel wie das Fell eines Panters aus. Zwischen den mehr oder weniger entfernt stehenden Stöcken und zwischen den Halmen der Büschel finden sich stets massenhaft Steppenschnecken, besonders die weisse *Helix albida*.

Die Begleitpflanzen der Halfasteppe sind:

▲ *Stupa tortilis* Desf.
▲ *Andropogon pubescens* Vis.
Avena filifolia Lag.
△ *Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., beginnt zu blühen.
Asparagus horridus L. f.

Saumtiere, die oft zu grossen Karawanen vereinigt den Transport der Nahrungsmittel und anderer Bedürfnisgegenstände des täglichen Lebens vermitteln. Posadas sind demnach Fuhrhaltereien, die in einem Lande wie Spanien, wo das Eisenbahnnetz noch so wenig ausgebaut ist, im Verkehrsleben immer noch eine sehr bedeutsame Rolle spielen. Posadas finden sich auch in allen grösseren Städten, in kleineren Orten sind es nicht selten die einzigen Unterkunftsmöglichkeiten. In jeder Posada liegt im Mittelpunkt der Anlage ein grosser Hof, in dem ein ganzer Wagenpark Aufstellung finden kann und der rings von Stallungen, Wohn- und Vorratsräumen umgeben ist. Nachts wird die Einfahrt durch ein gewaltiges hölzernes Tor geschlossen. Textfigur 4 gibt den Grundriss einer Posada.

B. Geschlossene Niederlassungen.

Dörfer oder Weiler mit offener Bauweise und mit nur einigen Hundert oder sogar weniger als hundert Einwohner zählenden Bevölkerung haben wir in dem von uns bereisten Teil Südostspaniens keine angetroffen. Neben den Einzelwohnungen gibt es im Gebiet der Litoralsteppe nur noch kleinere oder grössere Städte mit wenigstens tausend Einwohnern. Die Bauweise dieser Städte ist immer eng, eine Erinnerung an einst oft unruhige Zeiten. Die fast immer mit einer Azulejoskuppel versehene Kirche oder die weitläufige Anlage einer Posada bilden den Mittelpunkt der öfter nur aus wenigen langen, parallelen Gassen und einigen Querstrassen bestehenden Ortschaft. Die Regenarmut des Landes findet in den flachen Dächern der Häuser ihren beredten Ausdruck. Wenigstens in der Hauptstrasse hat fast jedes Fenster seinen kleinen Balkon. Im Zentrum jeder Huerta liegt eine grössere Stadt, nach der die Huerta ihren Namen erhalten hat. Ist die Huerta gross, so umfasst dieselbe ausser der Hauptstadt noch eine mehr oder weniger grosse Zahl von Nebenstädten, die sich im Kreis um die Metropole anordnen. Die Huerta v. Elche besteht nur aus der ca. 34 000 Einwohner zählenden Stadt (Tafel III Fig. 5); die Huerta v. Valencia umfasst ausser der gleichnamigen Stadt (mit ca. 200 000 Einwohnern) einige dreissig Nebenstädte.

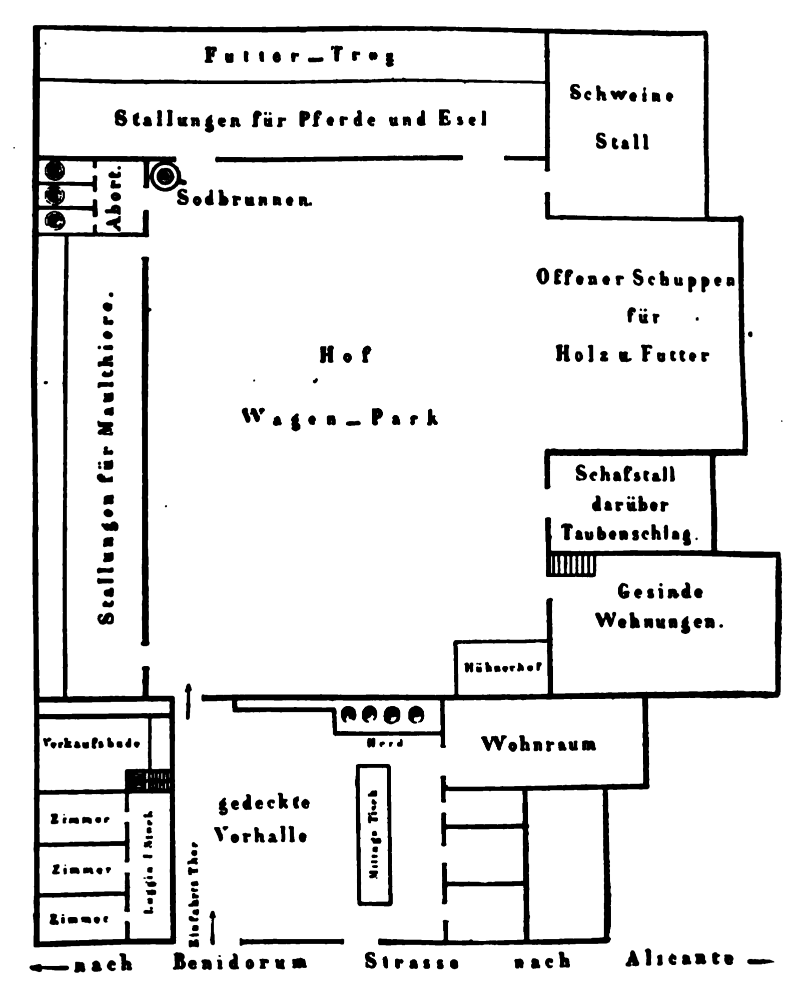


Fig. 4. Grundriss einer Posada.

Eine breite, durch ein gewaltiges, hölzernes Tor verschliessbare Einfahrt führt ter dem Wohnhaus in den grossen, rings von Stallungen und Vorratsräumen umbenen Hof; ein ganzer Wagenpark kann in demselben Aufstellung finden. Neben bensmitteln (Orangen, Oliven, Getreide etc.) und Baumaterialien lagern hier zeitise grosse Mengen von Halfagras, welche aus den Steppengebieten nach den hnstationen oder direkt nach den Einschiffungshäfen verfrachtet werden. Viele agen sind wieder mit Korbwaaren oder mit Seilen, die aus Halfa hergestellt orden sind, beladen. Je nach der Grösse der Posada enthalten dieselben Unteranftsräume für 50 bis 200 Zugtiere, Pferde, Maultiere und Esel. Die Stallungen nd oft fürchterlich schmutzig, aber dafür gelegentlich mit elektrischer Beleuchtung ersehen. Wer das spanische Volksleben kennen lernen will, darf nicht versäumen, olche Posadas als Nachtquartier zu benutzen.

Gladiolus illyricus Koch, reichlich und in voller Blüte.
▲ *Passerina hirsuta* L.
Mercurialis tomentosa L.
▲ *Plantago albicans* L.
Polygala rupestris Pourr.
● *Eryngium campestre* L. (fol.)?
Fumana laevipes Spach
Helianthemum pilosum (L.) Pers. var. *tomentellum* Wk., reichlich.
Astragalus sesameus L.
" *sinaicus* Boiss.
Thymus vulgaris L. (fl.)
Thymus Zygis L., reichlich.
△ *Rosmarinus officinalis* L., z. T. fl. albo.
▲ *Artemisia herba alba* Asso
" *Barrelieri* Bess.
△ *Evax pygmaea* (L.) Pers.
Helichrysum stoechas DC.
▲ *Zollikoferia resedifolia* Coss.

b) Die Lygeumsteppe (Albardine) dominiert besonders auf dem feinsandig-mergeligen Boden der weiten Niederung des unteren Rio Dulcetales, soweit die Kultur noch nicht vom Land Besitz genommen hat. Öfters ist der Boden auch salzhaltig. Die Flora besteht teilweise aus den gleichen Arten, wie diejenige der Halfasteppe, als neue Elemente stellen sich jedoch eine grössere Anzahl von Sukkulenten ein, die in der Halfasteppe entweder fehlen oder jedenfalls doch nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen:

Lygeum spartum L., ein ausserordentlich zähes Steppengras, tritt als Leitpflanze massenhaft auf.
Phalaris paradoxa L.
▲ *Erianthus Ravennae* P. B., nächst verwandt mit dem Zuckerrohr; alle Pflanzen sind befallen und deformiert durch *Ustilago Sacchari* Rabenhorst (teste Dr. A. Volkart!).
Ephedra fragilis Desf., entwickelt bereits die diesjährigen, noch zarten Triebe.

Beta Bourgaei Coss. = *B. maritima* L. v. *macrocarpa* Guss.
Haloxylon articulatum (Cav.) Bunge.
△ *Atriplex halimus* L.
▲ *Suaeda fruticosa* (L.) Forsk.
▲ *Peganum harmala* L.
▲ *Passerina hirsuta* L., diöcisch.
△ *Osyris alba* L., sehr viel, überall sprossen dessen diesjährige junge Triebe hervor.
▲ *Polygonum equisetiforme* Sibth.
▲ *Plantago albicans* L.
Statice caesia Gird.
Tamarix gallica L.
Eruca sativa L. v. *stenocarpa* Coss. = *E. stenocarpa* Boiss. et Reut.
Moricandia arvensis (L.) DC.
Anthyllis cytisoides L., häufig.
Dorycnium suffruticosum Vill. v. *cuneifolium* Rikli, vereinzelt in sehr schlanken bis über $1^1/_2$ m hohen Exemplaren.
Coronilla juncea L.
Lavatera maritima Gouan



Phot.: P. Bohny.

Fig. 12. Lehmhütte mit Bedachung aus Halfagras am Rand der Huerta, nordöstlich von Orihuela.
Im Hintergrund die völlig kahle Sierra (pag. 76).



Phot.: R. Chodat.

Fig. 13. Noria, umgeben von einer kleinen Kulturoase.
Steppe, westlich Cartagena (pag. 134).



▲ *Teucrium polium* L. var. *capitatum* (L.) Briq.
Kentrophyllum arborescens Hook.
Scorzonera laciniata L. v. *intermedia* (Gr. Godr.).

B. Allgemeiner Teil: — Beiträge zur Kenntnis der Litoralsteppe.

Auf einer Reihe von Exkursionen haben wir einen Einblick in den Vegetationscharakter und in den Florenbestand der spanischen Litoralsteppe zwischen Villajoyosa und Murcia erhalten. Unser Bild der südostspanischen Steppengebiete wäre jedoch ohne Kenntnis der klimatischen Faktoren und der biologischen Anpassungserscheinungen der Pflanzenwelt an die ihr gebotenen eigenartigen Lebensverhältnisse sehr unvollständig, endlich drängt sich uns die Frage nach dem Ursprung dieser Steppenflora auf. Im Anschluss an unsere Exkursionsberichte soll daher noch je in einem Abschnitt Klima, Biologie und Pflanzengeographie der iberischen Litoralsteppe erörtert werden.

a) Klima.[1]

Zuverlässige, über eine Reihe von Jahren sich erstreckende meteorologische Daten, die allen Anforderungen der exakten modernen Meteorologie entsprechen würden, gibt es für Spanien kaum. Das Netz meteorologischer Stationen ist zudem sehr lückenhaft, die angewendeten Methoden und Instrumente meistens ungenügend, so dass das Bild des mittleren jährlichen Klimaganges, das wir auf Grund dieser Daten entwerfen, nur einen sehr relativen Wert beanspruchen kann; dies um so mehr, als ja zum Charakter der Steppe gehört, dass die Temperatur- und Niederschlagskurven in den einzelnen Jahren oft ganz gewaltige Unterschiede aufweisen. Aus dem Gebiet der Litoralsteppe liegen uns nur von Murcia, Cartagena und Alicante

[1]) a) Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie Bd. IX (1874) p. 6 ff. — Klima von Murcia.

b) *Hellmann, G.,* Feuchtigkeit und Bewölkung auf der iberischen Halbinsel. Niederländisch meteorologisches Jahrbuch 1876. 48 S.

c) *Resúmen de las observaciones meteorológicas,* efectuadas en la peninsula y algunas de sus islas adyacentes durante 1876 ff. bis 1896.

d) *Hann, J.,* Handbuch der Meteorologie. ed II. Bd. III (1897) pg. 77 bis 88.

e) *Fischer, Th.,* Studien über das Klima der Mittermeerländer. Ergänzungsheft No. 58 zu Petermanns Mitteilungen 1879. 4°. 64 S. mit 7 Karten auf 3 Tafeln.

einigermassen brauchbare Daten vor, dieselben werden durch diejenigen von Valencia ergänzt. Sehr wünschenswert wären auch noch meteorologische Stationen in Elche, Orihuela und Lorca. Um einen Einblick in das Klima der spanischen Litoralsteppe zu erhalten, sind wir daher neben diesen Daten wesentlich noch auf die Berichte angewiesen, die uns fremde Forscher, welche längere Zeit in diesen Gebieten zugebracht haben, entwerfen. So wertvoll diese Berichte sind, so tragen sie eben doch den Stempel der Subjektivität.

Auf Grund der im „Resúmen de las observaciones meteorológicas" erschienenen meteorologischen Beobachtungen haben wir für die Jahre 1876 bis 1895 die wichtigsten klimatischen Daten berechnet. Es ist jedoch hervorzuheben, dass in Cartagena die Temperaturen erst seit 1877, die Regenmengen sogar erst seit 1880 notiert wurden. In Alicante wurde im Jahre 1880 eine zweite meteorologische Beobachtungsstation gegründet. Die beiden Stationen werden als Instituto und Mareografo unterschieden und ergeben ziemlich verschiedene Daten. Wir haben bis 1888 nur die Angaben des Instituto verwertet. Von 1889 ist jedoch diese Beobachtungsserie sehr unvollständig, so dass wir uns genötigt sahen, nun die vom Mareografo publizierten Angaben zu benützen und zwar von 1889 bis 1893. Von 1893 an ist dann Alicante im „Resumen" nur noch durch eine Anstalt, die jedoch nicht näher bezeichnet ist, vertreten. Um die folgenden Zusammenstellungen besser beurteilen zu können, geben wir zuerst eine kurze Übersicht der entsprechenden Daten von Zürich. Wir verdanken dieselben, wie auch die Einsicht in die Spezialliteratur der Güte von Herrn Dr. Maurer, Direktor der eidg. meteorologischen Zentralanstalt.

Meteorologische Daten von Zürich.

Mittlere Jahrestemperatur 37-jähriges Mittel: (1864—1900) = 8°,5 C.

Mittlere Monatstemperaturen:

I. =	— 1,4	V. =	12,9	IX. =	14,2
II.	0,8	VI.	16,5	X.	8,4
III.	3,8	VII.	18,4	XI.	3,6
IV.	8,8	VIII.	17,3	XII.	— 0,6.

Absolutes Maximum 34,5 C (Lufttemperatur im Schatten.) } Aus den Termin-Beobachtungen von $7^1/_2$ h, $1^1/_2$ h, $9^1/_2$ h.
Absolutes Minimum — 18,5 C

Mittlere jährliche Regenmenge 1138 mm (1864—1903).
Grösste „ „ 1988 mm (1876).
Kleinste „ „ 737 mm (1865).
Grösste an einem Tage gefallene Regenmenge 171 mm (11. VI. 18[illegible]

Mittlere jährliche Sonnenscheindauer 1693 Stunden (1886—1900).
Mittlere jährliche Bewölkung 6,3 „
Grösste mittlere, monatliche Bewölkung 8,0 „ (Dezember).
Kleinste „ „ „ 5,1 „ (August).

a) Thermische Verhältnisse.

I. Mittlere Monatstemperaturen in C°.

1. Cartagena.

Beobachtungsperiode	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1877—85	12,8	13,1	13,8	16,5	18,3	21,9	25,3	26,3	23,3	19,3	15,7	11,8
1886—95	**9,8**	10,5	12,6	14,6	17,4	21,1	24,—	24,1	22,3	18,5	14,7	11,3

In diesen 19 Beobachtungsjahren war der Juli 1880 mit einem Monatsmittel von 28°,1 der wärmste, der Januar 1891 mit nur 7°,7 der kälteste Monat. Auffallend sind die bedeutend höheren Mittel in den Jahren 1877—85 gegenüber der zweiten Beobachtungsperiode. Dieses Verhältnis kehrt bei allen vier Stationen wieder und ist den fünf aussergewöhnlich warmen Jahren 1876—1880 zuzuschreiben.

2. Murcia (43 m Meereshöhe).

Beobachtungsperiode	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1876—85	10,3	12,7	13,7	16,5	19,3	22,8	25,9	27,3	23,9	18,7	14,7	10,—
1886—95	**9,6**	11,1	13,2	15,7	18,9	23,1	26,2	25,9	23,5	19,2	14,6	11,1

Die wärmsten Monate waren der August 1877 und 1878 mit einem Mittel von je 28°,8 und der kälteste Monat, der Januar 1891, erreichte nur ein Mittel von 7°,6. Gegenüber Cartagena zeigt mithin Murcia ein entschieden kontinentaleres Klima mit erheblich kälterem Winter und heisserem Sommer, — eine Folge der grösseren Entfernung dieser Stadt von der Küste (50 km) und der Umgebung durch Gebirgszüge.

3. Alicante.

Beobachtungsperiode	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1876—85	11,—	12,8	13,4	16,4	18,9	22,4	25,4	25,9	22,9	18,7	14,8	11,2
1886—95	**10,3**	11,1	13,4	15,6	18,4	22,1	24,9	24,8	23,—	19,3	15,3	12,—

Wärmster Monat: Juli 1877 = 28°,8; kältester Monat: Dezember 1876 = 8°. Alicante nimmt demnach thermisch eine Art Mittelstellung zwischen Cartagena und Murcia ein: die Winter sind fast noch milder als die von Cartagena, die Gluthitze des Sommers bleibt dagegen kaum hinter der von Murcia zurück.

4. Valencia.

Beobachtungsperiode	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1876—85	10,—	12,3	12,9	15,4	17,4	20,8	24,2	**25,3**	22,2	18,2	14,3	10,3
1886—95	8,8	9,8	12,—	14,2	17,1	21,—	23,7	23,9	21,7	18,—	14,—	10,4

Wärmster Monat: August 1878 = 27°,3; kältester Monat: Januar 1891 = 5°,8. Valencia beansprucht somit innerhalb unserer vier Beobachtungsstationen eine gewisse Sonderstellung. Die Sommer sind etwas weniger heiss, die Winter dagegen ganz erheblich kühler (1 bis nahezu 3° C) als in den Provinzen Alicante und Murcia.

Das aus den mittleren Monatstemperaturen abgeleitete thermische Fazit von Cartagena, Murcia, Alicante und Valencia wird auch durch die folgenden Beobachtungsserien bestätigt.

II. Mittlere Jahrestemperaturen in C°.

	Beobachtungsperiode	Jahresmittel	Jahr mit a) d. höchsten mittleren Jahrestemperatur	b) d. niedrigsten mittleren Jahrestemperatur	Differenz
1. Cartagena	1877—85 1886—95	18,2 16,7	19,5 (1877)	16,3 (1891)	3,2
2. Murcia	1876—85 1886—95	18,— 17,7	18,9 (1877)	17,— (1891)	1,9
3. Alicante	1876—85 1886—95	17,8 17,5	19,4 (1877)	16,6 (1895)	2,8
4. Valencia	1876—85 1886—95	16,9 16,2	18,2 (1877)	15,2 (1886 u. 1891)	3,—

Auch diese Tabelle bringt die Sonderstellung von Valencia, dessen Jahresmittel 0,5—2° niedriger ist als dasjenige der Stationen 1—3 zum Ausdruck. Von ganz besonderer Wichtigkeit für die Pflanzenwelt sind die absoluten Temperaturextreme.

III. Absolute Temperaturextreme in C°.

	a) Maxima (Lufttemperatur im Schatten)		b) Minima		c) Differenz
1. Cartagena	40,—	Im Juli 1880	— 2,—	Im Januar 1878	42,—
2. Murcia	47,8	„ „ 1876	— 4,3 — 5,5	„ „ 1878 „ „ 1871	53,3
3. Alicante	45,—	Im August 1881	— 6,— — 6,2	„ „ 1876 (nach Th. Fischer)	51,2
4. Valencia	43,—	Im Juli 1881	— 7,—	„ „ 1885	50,—
zum Vergleich Zaragoza (Ebrostreppen)	43,2	(nach Fischer)	— 14,9	(nach Fischer)	

Die abnorm hohen, über 35° C. erreichenden Temperaturen sind wohl zum grössten Teil das Ergebnis eines afrikanischen Glutwindes, der in den östlichen Teilen der Provinz Granada und in Murcia keine Seltenheit ist, glücklicherweise aber meistens nicht lange anhält. Die Andalusier nennen ihn „Solano", in Murcia ist er unter dem Namen Leveche bekannt. Dieser Wind erschöpft sich gewöhnlich in einigen Stössen, die jedoch hinreichen, um die Wein- und Olivenernte der Gegenden, über welche sie hinstreifen, zu vernichten. Hellmann beobachtete im August 1876 wie innerhalb sechs Stunden durch einzelne seiner Glutwellen an der Sierra Contraviesa, zwischen Malaga und Almeria, etwa 10 km von der Küste und in einer Meereshöhe von 700 m, mehrere Quadratkilometer Weinpflanzungen kurz vor der Weinlese völlig vernichtet wurden. „Das Weinlaub sah nach dem Passieren des Windes so aus, als ob man es mit siedendem Wasser begossen hätte."

Nirgends tritt der Leveche so häufig und verheerend auf, wie in den Küstengegenden zwischen dem Cabo de Gaba und dem Cabo de la Náo. Der Glutwind kündet sich durch einen bräunlich-roten Dunst an, welcher am südöstlichen und südlichen Horizont emporsteigt und allmählich das Blau des ganzen Himmels trübt. Dabei herrscht Windstille, dann fängt das Meer an unruhig zu werden, es erhebt sich ein südlicher Wind, der von Sekunde zu Sekunde heftiger und heisser wird, bis er zuletzt zu einem Sturm sich steigert, der wirbelnd über das Land hinbraust und die ganze Atmosphäre mit Staub und Sand erfüllt. Das Laub der Bäume und Sträucher krümmt sich sogleich unter dem Gluthauch dieses Windes und ist wenige Tage später völlig verdorrt. Der Leveche zeigt somit den Charakter und alle Eigenschaften des echten Sirocco, auch die Wirkung auf Mensch und Tier ist die gleiche. Bei der Berührung mit diesem Glutsturm wird der Mensch wie gelähmt, es stellen sich heftige Kopfschmerzen ein und selbst dem gesundesten Eingeborenen „liegt es wie Blei in den Gliedern".

Die beiden Tabellen auf der folgenden Seite über die mittleren und absoluten Monatsschwankungen der Temperaturextreme vervollständigen das thermische Bild der Litoralsteppenregion.

IV. Mittlere Monatsschwankungen der Temperaturextreme in C°.

	Beobachtungsperiode	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	IX.	XII.
Cartagena	1877-85	21,2	20,8	20,9	20,1	20,7	**18,9**	19,8	19,—	20,6	**21,2**	20,8	21,9
	1886-95	17,9	17,5	18,1	16.7	16,8	17,6	15,7	**15,2**	14,9	18,3	**18,7**	17,5
Murcia	1876-85	**22,3**	24,4	**25,9**	23,6	25,5	24,3	23,1	24,—	24,5	24,9	23,7	24,5
	1886-95	22,—	24,—	24,2	23,4	22,5	23,5	22,3	22,4	21,7	**25,—**	22,5	**20,9**
Alicante	1876-85	24,3	24,4	25,2	24,5	25,7	24,—	24,7	24,3	**25,9**	24,8	23,2	**23,1**
	1886-95	20,9	21,7	20,6	20,4	20,7	**22,4**	20,5	**19,5**	19,7	22,1	21,5	19,9
Valencia	1876-85	21,7	22,4	**23,8**	**23,8**	23,6	21,5	21,4	20,5	22,2	22,6	**20,5**	21,2
	1886-95	23,3	22,7	23,4	22,8	21,2	21,5	20,7	20,1	**19,8**	**24,2**	23,—	20,8

V. Absolute Monatsschwankungen der Temperaturextreme in C°.

	Beobachtungsperiode	Monat mit a) stärkster Temperaturschwankung		Monat mit b) geringster Temperaturschwankung		Differenz
1. Cartagena	1877—85	27,4	IX. 79	11,9	VIII. 85	15,5
	1886—95	23,3	XI. 90	**9,5**	VI. 88	**13,8**
2. Murcia	1876—85	31,8	VII. 76	13,3	VII. 82	**18,5**
	1886—95	29,7	XI. 90	15,8	XII. 88	13,9
3. Alicante	1876—85	**33,8**	VII. 80	18,2	IV. 84	15,6
	1886—95	29,—	VI. 93	14,2	IV. 90	14,8
4. Valencia	1876—85	30,—	VI. 76	12,—	VIII. 79	18,—
	1886—95	32,—	XI. 90	10,9	IX. 92	21,1

Murcia, das mitten im Gebiet der südostspanischen Litoralsteppe liegt, besitzt nach einer Zusammenstellung in der Zeitschrift der östreichischen Gesellschaft für Meteorologie Bd. IX (1874) folgendes Klima:

Monate	Temperatur-Mittel	Tägliche Amplitude	Mittlere Extreme Maxima	Mittlere Extreme Minima	Differenz
I.	9,3	12,2	22,4	— 2,8	25,2
II.	11,—	13,4	24,2	0,8	23,4
III.	12,4	13,4	26,5	1,2	25,3

Monate	Temperatur-Mittel	Tägliche Amplitude	Mittlere Extreme		Differenz
			Maxima	Minima	
IV.	15,7	14,9	30,4	3,1	27,3
V.	18,8	14,2	32,4	8,2	24,2
VI.	22,7	14,9	37,1	11,7	25,4
VII.	26,1	15,6	40,5	14,9	25,6
VIII.	25,4	15,1	39,—	14,8	24,2
IX.	22,3	14,3	35,6	11,9	23,7
X.	18,—	13,3	32,—	6,4	25,6
XI.	12,8	12,—	25,5	1,8	23,7
XII.	9,9	12,2	22,4	— 1,3	23,7
Jahr	17,—	13,8	41,4	— 3,1	44,5

b) Niederschläge.

Viel wichtiger als die Temperaturen sind für die Ausbildung der Steppe die Niederschlagsverhältnisse. In allen Zonen können bei eintretendem Niederschlagsmangel Steppen entstehen. Die eigentlich regenlosen Gebiete der Litoralsteppe sind die nordwestlich von Murcia gelegenen Einöden „los despoblados" des oberen Segurabassins. Hier vergehen oft drei, vier und mehr Jahre, ohne dass es ein einziges Mal anhaltend regnet. Nicht viel ergiebiger dürften die Niederschläge in den Ländereien östlich von Lorca bis Baza und Guadix sein. Den Einblick, den uns die Reise von Murcia nach Granada in diese Landschaften mit ihren Felsen- und Wüstensteppen verschaffte, war für uns ein sprechendes Zeugnis für die überaus grosse Regenarmut dieser Teile der Provinz Murcia und Ostgranadas. Leider gibt es in diesen Gebieten keine meteorologischen Stationen, die uns genauere Daten über die jährliche Regenmenge und die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge geben könnten, so viel ist aber aus dem Vegetationscharakter zu entnehmen, dass die Niederschläge erheblich hinter Murcia, Cartagena und Alicante zurückbleiben. Aber selbst in der Stadt Murcia, die doch in einem weiten, mit Taüsenden von Bäumen erfüllten und folglich stark ausdünstenden Tale liegt, gehört ein mehrere Stunden oder ein paar Tage anhaltendes Regenwetter zu den Seltenheiten, so dass von einem solchen ausserordentlichen Ereignis wochenlang gesprochen wird.

VI. Mittlere monatliche Regenmengen in mm.

	Periode von	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1. Cartagena	1880-85	34,4	23,6	38,1	28,8	**42,5**	20,7	1,2	**0,3**	45,4	53,3	38,—	**76,4**
	1886-95	52,3	43,6	51,8	38,5	**20,2**	11,6	**3,—**	6,5	26,1	47,3	52,3	**63,6**
2. Murcia	1876-85	37,3	24,9	25,5	28,8	40,3	25,2	**1,6**	4,—	**59,8**	40,2	28,5	41,4
	1886-95	30,7	42,8	52,2	45,8	30,9	16,4	**3,5**	12,1	**57,3**	44,9	48,7	53,9
3. Alicante	1876-85	37,7	24,1	30,2	39,4	40,1	23,—	**0,9**	5,9	**81,5**	59,2	50,3	39,1
	1886-95	16,1	29,8	30,4	30,6	39,4	20,5	**3,—**	8,1	**68,2**	26,—	**44,7**	37,7
4. Valencia	1876-85	38,8	27,4	42,4	39,3	34,1	25,1	**5,—**	9,2	79,1	**93,—**	60,1	34,6
	1886-95	30,9	51,5	46,4	40,8	43,6	20,2	18,3	**10,—**	**80,8**	49,2	63,7	65,5

Noch lehrreicher ist die folgende Zusammenstellung der Niederschläge nach Jahreszeiten.

VII. Mittlere jahreszeitliche Regenmengen in mm.

	Periode von	Winter XII.–II.	%	Frühling III.–V.	%	Sommer VI.–VIII.	%	Herbst IX.–XI.	%
1. Cartagena	1880–85	134,4	33,4	109,4	27,2	**22,2**	5,5	136,7	**33,9**
	1886–95	159,5	38,2	110,5	26,5	**21,1**	**5,1**	125,7	30,2
2. Murcia	1876–85	103,6	28,2	94,6	25,7	30,8	7,8	138,5	**39,4**
	1886–95	127,4	29,—	128,9	29,4	32,—	7,2	150,9	**34,4**
3. Alicante	1876–85	100,9	23,3	109,7	25,4	29,8	7,—	191,—	**44,3**
	1886–95	83,6	23,6	100,4	28,3	31,6	9,1	138,9	39,1
4. Valencia	1876–85	100,8	20,6	115,8	23,7	39,3	8,9	**232,2**	47,5
	1886–95	147,9	28,4	130,8	25,1	48,5	9,3	193,7	37,2

Über die gewaltigen Verschiedenheiten der jährlichen Regenmenge der einzelnen Jahre gibt Tabelle VIII Aufschluss.

VIII. Jährliche Regenmengen in mm.

	Cartagena	**Murcia**	**Alicante**	**Valencia**
1876	—	319,2	463,9	347,2
1877	—	342,5	470,8	223,4
1878	—	230,1	244,3	198,6

	Cartagena	Murcia	Alicante	Valencia
1879	—	**175,2**	271,6	328,8
1880	325,6	298,—	364,2	494,8
1881	405,—	456,—	527,—	461,—
1882	390,—	336,—	329,—	425,—
1883	333,—	297,—	273,—	439,—
1884	**647,—**	**765,—**	**936,—**	**1288,—**
1885	315,—	353,—	444,—	685,—
1886	223,—	294,—	290,—	400,—
1887	633,—	588,—	619,—	676,—
1888	315,—	571,—	571,—	478,—
1889	423,—	324,—	165,—	328,—
1890	569,—	571,—	177,—	578,—
1891	426,—	426,—	184,—	681,—
1892	379,—	354,—	**155,—**	541,—
1893	313,—	251,—	300,—	347,—
1894	575,—	568,—	513,—	700,—
1895	312,—	445,—	580,—	482,—
1896	319,—	273,—	328,—	338,—
1897	**191,—**	273,—	488,—	824,—
1898	366,—	328,—	449,—	655,—

Die Gegenüberstellung der grössten und geringsten jährlichen Regenmenge der einzelnen Beobachtungsstationen ergibt folgende gewaltige Unterschiede, die besonders im Verhältnis der Minima zu der Maxima zum Ausdruck kommen.

Cartagena: Max. 647 mm; Minim. 191 mm; Diff. 456 mm; Verhältnis: 1:3,4
Murcia: „ 765 „ „ 175,2 „ „ 589,2 „ ; „ 1:4,4
Alicante: „ 936 „ „ 155 „ „ 781 „ ; „ 1:6
Valencia: „ 1288 „ „ 198,6 „ „ 989,4 „ ; „ 1:6,5.

Bei einer bedeutend längeren Beobachtungsperiode (40 Jahre) hat Zürich ein Maximum von 1988 mm und ein Minimum von 737 mm; das Verhältnis ist somit nur 1 : 2,7.

Aus Tabelle VIII erhalten wir die mittlere jährliche Regenmenge in den Dezennien 1876—85 und 1886—95, sowie das Gesamtmittel aus 19 beziehungsweise 23 Beobachtungsjahren:

IX. Mittlere jährliche Regenmengen in mm.

	1876—95	1886—95	1896—98
1. **Cartagena**	402,6 (1880—85)	416,8	292,—
2. **Murcia**	357,2	439,2	291,3
3. **Alicante**	432,4	354,5	455,—
4. **Valencia**	488,0	521,1	602,3

Gesamtmittel in mm.

			nach Th. Fischer.
Cartagena	1880—1898	392,6	—
Murcia	1876—1898	**380,3**	362
Alicante	1876—1898	401,5	430 (1855—74)
Valencia	1876—1898	517,3	476 (1857—74)

Noch geringere Regenmengen besitzen nach Hann Zaragoza und Valladolid mit je ca. 310 mm und Almeria mit sogar nur 260 mm; doch fehlt die Angabe über die Beobachtungsdauer, so dass es sich möglicherweise doch nur um eine kürzere Periode handelt.

Ganz besonders sind nun aber noch die monatlichen maximalen Regenmengen und die Perioden von Regenlosigkeit oder grosser Regenarmut für die Pflanzenwelt von grosser Bedeutung.

X. Maximale monatliche Regenmengen in mm.

	Beobachtungs-periode	Monatliches Maximum	Zeit
1. **Cartagena**	1880—85	155	Oktober 81.
	1886—95	180	Dezember 89.
	1896—98	143	Januar 98.
2. **Murcia**	1880—85	212,7	September 77.
	1886—95	216	September 88.
	1896—98	114	Januar 98.

	Beobachtungs-periode	Monatliches Maximum	Zeit
3. Alicante	1876—85	374	September 77.
	1886—95	193	September 88.
	1896—98	181	November 97.
4. Valencia	1876—85	351	September 84.
	1885—95	213	September 94.
	1896—98	509	November 97.

Diese monatlichen Maxima überschreiten öfters erheblich die in trockenen Jahren beobachteten Gesamtregenmengen. So beträgt die im September 1888 in Murcia gefallene Regenmenge 216 mm, das Trockenjahr 1879 lieferte dagegen nur 175,2 mm. In Alicante brachte der September 1877 sogar 374 mm Regen; folgende Jahre dieser Station blieben z. T. erheblich hinter diesem Betrag zurück: 1878/79, 1880, 1882/83, 1889—1893, 1856 (vide Tabelle VIII). In Valencia erreichte die im November 1897 gefallene Regenmenge annähernd die mittlere Regenmenge dieses Ortes. Die Niederschläge erfolgen sehr oft in Form von Platzregen. Wenn dann der Boden von der anhaltenden Trockenheit steinhart geworden ist, so vermag das Wasser nicht einzusickern. Die gewaltigen Regenmengen fliessen rasch ab, die langersehnte Feuchtigkeit kommt der Pflanzenwelt nicht zu gute; die Flüsse treten über ihre Ufer und ergiessen sich verheerend über das Kulturland. Neben lang andauernden Zeiten der Dürre plötzliche Wassernot ist eine in der spanischen Litoralsteppe öfters wiederkehrende Erscheinung und zeigt uns, dass Spanien auch in dieser Hinsicht ein Land der Gegensätze ist. Im September 1906 haben sündflutartige Regen in der Provinz Murcia enormen Schaden verursacht, selbst Menschen sind denselben zum Opfer gefallen.

Diese Regengüsse beeinflussen natürlich in hohem Grad die mittleren monatlichen, beziehungsweise sogar jährlichen Regenmengen. Nur ein Beispiel. Im Juli 1869 bringt ein heftiger Gewitterregen in Murcia einen Tag 71 mm Regen, während unser 20-jähriges Mitte für den Juli nur 2,5 mm Regenmenge ergibt; es ist also an diesem einzigen Tag so viel Regen gefallen wie normalerweise erst die Juli-Niederschläge von 28 Jahren ergeben.

XI. Monate ohne oder mit ganz ungenügenden Niederschlägen.

	Beobachtungsperiode	Zahl der Monate	Keine Niederschläge	Nur 0,1—6 mm Niederschläge
1. Cartagena	1880—85	72	11 Monate	13 Monate
	1886—95	120	19 „	15 „
	1896—98	36	11 „	5 „
2. Murcia	1876—85	120	9 „	33 „
	1886—95	120	13 „	15 „
	1896—98	36	3 „	8 „
3. Alicante	1876—85	120	20 „	27 „
	1886—95	120	19 „	19 „
	1896—98	36	8 „	5 „
4. Valencia	1876—85	120	8 „	30 „
	1886—95	120	3 „	15 „
	1895—96	36	4 „	3 „

Wenn Willkomm ([36], zitiert nach a) sagt: „Es gibt Jahre, in denen es nicht oder fast nicht regnet", so trifft dies jedenfalls für die von uns bereisten Teile der Litoralsteppe nicht zu; immerhin kann — wie aus dem Vergleich der in den „Resúmen" aufgeführten Zahlen hervorgeht — in keinem Monat auf genügende Regenmengen unbedingt gezählt werden. Besonders die Zeit der grössten Hitze von Anfang Juni bis Ende August ist oft ganz ohne Niederschläge; die Verdunstung in diesen Sommermonaten ist zudem ausserordentlich gross, wird doch als mittleres Maximum der Evaporation eines Tages der hohe Betrag von 15 mm angegeben.

c) Bewölkung.

Von grösster Bedeutung für die Pflanzenwelt sind die Bewölkungsverhältnisse. Leider lassen gerade in dieser Hinsicht die Angaben der meteorologischen Stationen im Stich. Das zuverlässigste Vergleichsmaterial ergeben die Sonnenscheinautographen, die uns die jährliche Sonnenscheindauer eines Ortes liefern. Diese einfache Methode scheint man in Spanien noch nicht anzuwenden, denn alle Angaben beruhen auf der, der subjektiven Schätzung unterworfenen Skala von 0—10, wobei 0 ganz klare, 10 ganz bedeckte Tage bezeichnet.

Nebel kennt das Land kaum, selbst Wolkenbildung ist selten; der Himmel prangt meistens im durchsichtigsten, prächtigsten Azur-

blau. Nur während des Hochsommers lagert sich öfters über die Landschaft, einem Schleier vergleichbar, die Calina, eine Art Hitzenebel, der wohl auch sonst heisseren, trockenen Gegenden, namentlich Tafelländern, nicht fehlen dürfte. Theobald Fischer schreibt von der Calina: „Der Hitzedunst ist ein trockener Nebel, ein aus feinstem Staub gebildeter Dunst, der nicht etwa Wasserdämpfen seinen Ursprung verdankt; er beginnt sich im Juli über die Landschaft zu lagern, wird mit steigender Hitze dichter und erreicht im August sein Maximum, so dass dann die Sonne eine rotbraune Farbe annimmt, und man in sie hineinsehen kann. Oft ist die ganze Landschaft in düsteres Grau gehüllt, das erst bei grösserer Annäherung die Gegenstände zu erkennen erlaubt, dann aber auch mit um so grösserer Schärfe. Selbst plötzlich eintretende Gewitterschauer pflegen die Calina nicht ganz zu beseitigen, so sehr sie die Luft reinigen und abkühlen, aber sie beschränken sie und lassen sie weniger intensiv erscheinen. Erst im September nach den ersten Herbstregen verschwindet sie allmählich.“ Die grosse Lufttrockenheit, der Staub, der über der Steppe schwebt, und der sich bildende aufsteigende Luftstrom, der die feinsten Staubmassen in höhere Lagen der Atmosphäre führt, sind wohl als die Hauptursachen dieser Erscheinung anzusehen. Nach einem ungewöhnlich heissen März haben wir im Frühjahr 1905 sogar Gelegenheit gehabt, schon Anfang März die Erscheinung auf der Sierra bei Orihuela zu beobachten. Von unserer hohen Warte aus überblicken wir die unabsehbare, fruchtbare Huerta von Murcia; begrenzt wird das Bild durch einen gewaltigen Kranz kahler Sierren und wie ein feiner Nebel zieht sich einen Streifen längs dem Rand der Berge hin, es ist der Hitzedunst, die aufgewirbelte feine Staubwolke, welche sich in den trockenen Jahreszeiten fast stets über der Steppe lagert.

In ganz Spanien wird Murcia „el reino serenisimo“ genannt. Übertroffen wird die Klarheit des murcianischen Himmels noch durch denjenigen Valencias. Nach der Arbeit von Hellmann (b), die sich jedoch leider nur auf die Aufzeichnungen eines Zeitraums von acht Jahren erstreckt, wäre Valencia diejenige Gegend Europas, welche den klarsten Himmel besitzt.

	Jahresmittel der Tage **mit ganz bedecktem** Himmel	Jahresmittel der Tage mit **ganz klarem** Himmel
Valencia	50	**260**
Alicante	42	139
Murcia	89	138

Über den täglichen Gang der Bewölkung sagt Hellmann: In den Stunden vor und nach Mittag, wenn die Luft vom Meer nach dem Lande weht, ist der Himmel bewölkter als in der Nacht, wo die trockene und aufheiternde Luft vom Lande nach der See abfliesst. Die grösste Heiterkeit fällt auf die ersten Nachtstunden von 9 bis 12 Uhr. Mit untergehender Sonne fangen gewöhnlich die Cumuli im Zenit an sich zu senken und aufzulösen, die im westlichen Horizont ziehen sich in Strati oder Cumuli-Strati aus und verschwinden ebenfalls später; selbst hochstehende Cirri werden von diesem täglichen Wechsel berührt, sie lösen sich in einen weisslichen Dunst auf, indem sie bei Mondschein prachtvolle Halos bilden und von denen gegen Mitternacht gewöhnlich nichts mehr übrig bleibt. Um Mitternacht ist dann der Himmel am klarsten. Die Nächte der algarbischen und andalusischen Küsten verdanken diesem Umstande und der nur geringen nächtlichen Abkühlung gegenüber dem zentralen Plateau, ihre allbekannte Milde, ihren poetischen Reiz und Zauber.

Und der jährliche Gang der Bewölkung auf der iberischen Halbinsel ergibt, dass die heitersten Gegenden Spaniens der mittlere Teil der Ostküste, Andalusien nebst Algarbien und dem mittleren Ebrobecken sind. An erster Stelle steht Valencia.

	Mittlere jährliche Bewölkung	Geringste monatliche Bewölkung	Grösste monatliche Bewölkung
Valencia	**2,1**	**0,7** (Juni)	2,9 (Oktober)
Alicante	3,7	2,4 (Juli)	4,7 (Dezember)
Murcia	4,3	2,— (Juni)	5,3 (März)

Fassen wir zusammen, so ergibt sich als klimatisches Fazit unserer kleinen Studie über das Klima Südostspaniens: Das Gebiet der Litoralsteppe umfasst den heissesten Teil Spaniens. Auffallend spärliche Niederschläge, verbunden mit grosser Trockenheit der Luft und intensivster Besonnung bedingen ein durchaus nordafrikanisches Klima.

Die hohen Temperaturen können jedoch nur von der Pflanzenwelt des bewässerten Kulturlandes ausgenutzt werden, für das Naturland müssen sie nachteilig wirken, weil zur Zeit der grössten Hitze das nötige Betriebswasser fehlt und so die vegetative Tätigkeit der Pflanze zum Stillstand verurteilt wird. Die Flora der Steppe kann daher die vermehrte Energiezufuhr nicht nur nicht ausnützen, sie muss sich

sogar in ausgiebigster Weise gegen die schädlichen Folgen dieses Missverhältnisses zwischen hoher Temperatur und grösster Insolation bei gleichzeitigem Wassermangel schützen. Während in der Huerta der feine, durchfeuchtete, äusserst fruchtbare Schwemmlandboden die Entwicklung einer üppigen, stellenweise beinahe subtropischen Pflanzenwelt ermöglicht, werden diese Gartenlandschaften überall von öden Steppen, die stellenweise fast Wüstencharakter annehmen, umgeben. Grosse Hitze, verbunden mit noch grösserer Wasserarmut bei gleichzeitiger, tagtäglich sich wiederholender intensivster Besonnung, geben der Flora der Steppe einen ausgesprochen xerophytischen Charakter. Diesen näher kennen zu lernen ist die Aufgabe des folgenden Abschnittes.

b) Biologie.

Auf unseren verschiedenen Steppenexkursionen haben wir 184 verschiedene Pflanzen gesammelt, von denen die meisten, teils in ihrem Entwicklungsgang, teils in ihrer Tracht, die extremen Verhältnisse, die durch den Wassermangel geschaffen werden, erkennen lassen. Diese Flora setzt sich aus folgenden biologischen Typen zusammen:

1. Einjährige Pflanzen, sie treten in sehr grosser Zahl auf. Von 184 Arten sind 62 species, d. h. 33,6 %, einjährig. Diese vergängliche Florula besitzt wenig ausgesprochene, z. T. sogar gar keine xerophile Anpassungsmerkmale, denn ihre Hauptentwicklung fällt in die Zeit der Winterregen und der ersten Frühjahrsmonate, wo die Erde noch genügend durchfeuchtet ist. Bei Eintritt der Sommerdürre sterben sie ab und überdauern als sehr restistenzfähige Samen die Trockenperiode. Schon Ende März und Anfang April trugen bei unserem Besuch der Litoralsteppe eine stattliche Zahl von einjährigen Arten reife Samen, einzelne Pflanzen waren sogar bereits versamt. Die offene Pflanzendecke der Steppe wird so immer offener und damit wird der xerophile Gesamtcharakter derselben immer ausgesprochener. Aber selbst unter den einjährigen Gewächsen gibt es einige Arten, welche xerophile Anpassungsmerkmale zeigen, sei es Neigung zur Sukkulenz, wie z. B. *Moricandia arvensis; Aizoon hispanicum* und *Mesembryanthemum* sind sogar typische Sukkulenten. Andere Arten verkleinern ihre Blattflächen und übertragen die Assimilation mehr und mehr dem Stengel; so mehrere Statice. Auch Arten mit einem dichteren Indument, beziehungsweise mit einem derben Borstenkleid (*Pendulina intricata, P. Lagascana, Matthiola parviflora, Trifolium stellatum, Cynoglossum cheirifolium, Evax pygmaea* etc.) fehlen nicht. Diese mehr oder weniger xerophile Merkmale tragende Annuellen sind Arten, deren

Samenreife mehr Zeit in Anspruch nimmt und daher vor Eintritt der Trockenperiode oft noch nicht abgeschlossen ist, auch muss sich die Pflanze vorsehen für die Jahrgänge, in denen selbst die Winterregen ungenügend sind, — ein Fall, der bekanntlich gar nicht so selten eintritt. Die Ausbildung unterirdisch ausreifender Samen, welche aus kleistogamen Blüten an subterranen Ausläufern bei *Vicia angustifolia* v. *amphicarpa* gebildet werden, ist wohl auch ein Mittel, die Samenreife zu beschleunigen durch Ausnützung der Bodenwärme, welche noch erheblich grösser ist, als die Lufttemperatur. *Vicia amphicarpa* ist eine Pflanze heisser, dürrer Orte, besonders der Steppe; ihr Verbreitungsareal erstreckt sich von Südfrankreich durch die iberische Halbinsel nach Nordafrika. In den Atlasländern ist sie ziemlich verbreitet und tritt bald ganz kahl, bald in einer sehr zottigen, hauptsächlich der Steppe angehörigen Form auf.

Ein- beziehungsweise zweijährig sind:

Stupa tortilis Desf.
Lagurus ovatus L.
Brachypodium distachyon (L.) R. et S.
Bromus rubens L.
Bromus matritensis L.
Aegilops ovata L.
Phalaris minor Retz.
Lamarckia aurea Mönch
Moricandia arvensis L.
Eruca vesicaria (L.) Cav.
Pendulina intricata Wk.
Pendulina Lagascana Wk.
Carrichtera vellae DC.
Matthiola parviflora R. Br.
Brassica Tournefortii Gou.
„ *fruticulosa* Cyr.
„ *Cossoniana* Boiss. et Reut.
Biscutella auriculata L.
Cakile maritima Scop.
Reseda alba L.
„ *Gayana* Boiss.
„ *leucantha* Hegelm.
„ *lutea* L.
„ *phyteuma* L.
Polygala monspeliaca L.
Erodium cicutarium (L.) L'Hérit.
Beta Bourgaei Coss.
Euphorbia sulcata De Lens
„ *falcata* L.
Rumex bucephalophorus L.
Statice Thouini L.
„ *echioides* L.
Plantago coronopus L.
„ *lagopus* L.
Aizoon hispanicum L.
Mesembryanthemum nodiflorum L.
Vicia angustifolia All. v. *amphicarpa* Boiss.
Trifolium stellatum L.
Scorpiurus subvillosa L.
Astragalus sinaicus Boiss.
„ *sesameus* L.
Hippocrepis multisiliquosa L.
Ononis ornithopodioides L.
Eryngium spec.
Sideritis romana L.
Orobanche Muteli F. Schultz.
Echium italicum L.
„ *plantagineum* L.
Cynoglossum cheirifolium L.
Anagallis arvensis L. v. *coerulea* Schreb.



Phot.: P. Bohny.

Fig. 14. Huerta von Soller (Mallorca): Noria mit Sammelbecken (pag. 134).



Galium saccharatum All.
Vaillantia hispida L.
„ *muralis* L.
Sherardia arvensis L.
Evax pygmaea Pers.
Pallenis spinosa Cass.
Atractylis cancellata L.
Galactites tomentosa Mönch
Carduus pycnocephalus L.
Urospermum picroides Desf.
Calendula arvensis L.
Anacyclus valentinus L.

2. Zwiebel- und Knollengewächse. Die Zahl dieser Arten ist nach unserer Erfahrung auffallend gering. Wir haben nur drei Zwiebelgewächse: *Gladiolus illyricus* L., *Uropetalum serotinum* Ker. und *Gynandriris sisychrinum* Parl. angetroffen. Wichtiger ist *Asphodelus fistulosus* L. mit ihren büschelig angeordneten Wurzelknollen, auch *Ophrys tenthredinifera* W. hat Wurzelknollen; endlich besitzen *Arisarum* und *Aristolochia baetica* L. verdickte Rhizome. Diese unterirdischen Stengel- und Wurzelorgane sind mit Reservestoffen angefüllt und vermögen so die Trockenperiode ohne Nachteil zu überdauern, um dann in der folgenden Vegetationszeit die Stoffe zum raschen Aufbau der oberirdischen, belaubten und blühenden Sprosse zur Verfügung zu halten. Auch auf der Steppe ist *Asphodelus fistulosus* L. zuweilen tonangebend. Physiognomisch verhalten sich jedoch diese Pflanzen wie die einjährigen Arten, ihre oberirdischen Teile sind von kurzer Dauer, bei eintretender Hitze vergilben sie und sterben ab. Schon Anfang April verschwindet der Asphodill von der Bildfläche; entsprechend seiner Massenhaftigkeit bedeutet dies für das Vegetationsbild der Steppe wieder einen erheblichen Verlust an Individuen und damit eine weitere Lockerung der sowieso schon offenen Vegetationsdecke. Die Gesamtzahl der ephemeren Pflanzen der Steppenflora ist somit 69 (= 37,5 %).

3. Bäume und Sträucher fehlen fast ganz, dagegen ist die Zahl der Kleinsträucher ausserordentlich gross, so dass einzelne Steppentypen geradezu den Charakter einer Klein- und Zwergstrauchformation besitzen. Die Neigung zur Verholzung der Triebe ist sehr stark, selbst in Gattungen und sogar in Familien, deren Arten sonst fast ausschliesslich krautig entwickelt sind. Die Solaneen liefern zwei Holzgewächse: das höchst eigentümliche *Lycium intricatum* Boiss., dessen zahlreiche Seitentriebe zu kurzen, $1^1/_2$ bis 3 cm langen Zweigdornen, die nach allen Seiten abstehen, ausgebildet sind und die *Withania frutescens* Pauq. Mehrere Compositen sind ebenfalls verholzt, so die verschiedenen *Helichrysum*-Arten, die öfters vorherrschenden *Artemisien*, *Asteriscus maritimus* Mönch., *Phagnalon rupestre* DC. v. *pedunculare* Wk., ja sogar eine Distel: *Kentrophyllum arborescens* Hook. Die Gattung *Sideritis*

liefert nicht weniger als drei Holzgewächse: *S. glauca* Cav., *S. leucantha* Cav. und *S. spinosa* Lam. Verhältnismässig klein und jedenfalls an Individuen immer stark zurücktretend ist dagegen die Zahl derjenigen Kleinsträucher, die sonst in den Macchien und Garigues ihre Massenentfaltung finden, in der Steppe dagegen immer nur in Kümmergestalten, welche selten über einen Fuss hoch werden, auftreten. Hierher gehören z. B. *Juniperus oxycedrus* L., *Chamaerops humilis* L. *Quercus coccifera* L., *Pistacia lentiscus* L.; *Rhamnus lycioides* L. bildet ebenfalls sehr spitzige, stechende Zweigdornen; ferner *Dorycnium suffruticosum* Vill. v. *cuneatum*, *Rosmarinus officinalis* L. und *Erica multiflora* L. Die meisten Holzpflanzen der Steppe sind entweder Sklerophyten, Ruten-, Filzpflanzen oder Sukkulenten; alle sind durch kräftige, sehr tiefe Pfahlwurzeln ausgezeichnet. Nicht weniger als 72 Arten, d. h. 39 % der von uns gesammelten Steppenpflanzen sind verholzt.

4. Grössere Zahl starrer, sehr xerophytisch gebauter Steppengräser; es sind folgende 18, ungefähr 10 % unserer Steppenausbeute umfassende Arten:

Andropogon pubescens Vis.
Aegilops ovata L. ⊙
Avena filifolia Lag.
Brachypodium ramosum (L.) R. et S.
Brachypodium polystachyon (L.) R. et S. ⊙
Bromus rubens L. ⊙
,, *matritensis* L. ⊙
Cynodon dactylon Pers.
Erianthus Ravennae P. B.
Lamarckia aurea Mönch ⊙
Lagurus ovatus L. ⊙
Lygeum spartum L.
Macrochloa tenacissima Kth.
Melica minuta L.
Phalaris minor Retz ⊙
Piptatherium coerulescens P. B.
Stupa parviflora Desf.
Stupa tortilis Desf. ⊙

Von den 18 Gräsern sind 8 einjährig (⊙) und zudem mit Ausnahme von *Stupa tortilis* Desf. eigentlich Bestandteile der Felsenheide. In ihrem anatomischen Bau lassen diese acht Arten kaum erkennen, dass sie in der dürren Steppe gewachsen sind. Typische Steppengräser sind dagegen *Macrochloa tenacissima* Kth. und *Lygeum spartum* L. Durch ihre Massenhaftigkeit sind diese beiden Gräser für bestimmte Typen der Litoralsteppe sehr bezeichnend, sie zeigen auch den ausgesprochendsten xerophytischen Bau. Wie die beiden anderen Steppengräser (*Avena filifolia* Lag., *Stupa parviflora* Desf.) sind es mehrjährige Rasenbildner mit mehr oder weniger steif stechenden schmalen Rollblättern, die sogar im verwelkten und abgestorbenen Zustand öfters noch lange mit dem Stock verbunden bleiben, um als schützende Hülle die lebenden jugendlichen Blätter zu umgeben. Nur *Stupa*

tortilis Desf. macht eine Ausnahme. Diese einjährige Art hat flache 2,5 bis 3,5 mm breite Blätter, die, wie Fig. 5 zeigt, nur schwache, isolierte subepidermale Rippen besitzt. Dieselben erreichen jedoch die unter ihnen verlaufenden Gefässbündel nicht; zwischen subepidermaler Rippe und Gefässbündel schieben sich jeweilen einige

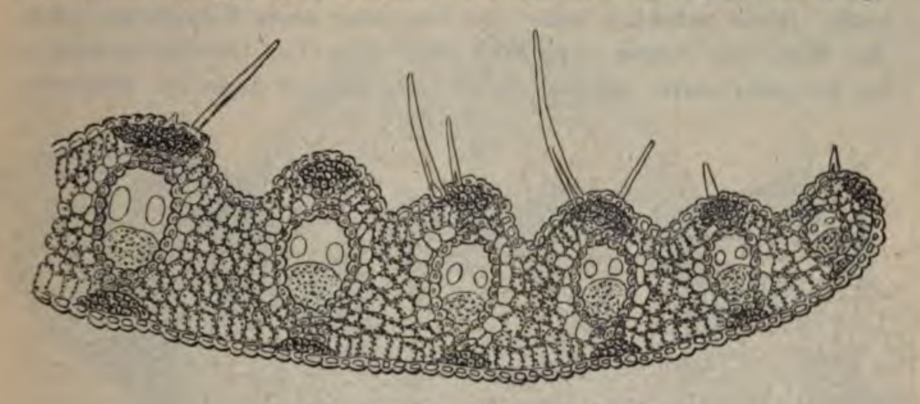


Fig. 5. *Stupa tortilis* Desf. (Orig.).

collenchymatische, weniger stark lichtbrechende und weniger stark verdickte Zellen ein. Die Oberfläche des Blattes wird von 8 bis 12 flachen Längsrinnen durchzogen und auf den Rippen entspringen einzelne steifliche Haare. Nur die dicken Wandungen der Epidermis und der kompakte Aufbau des Assimilationsgewebes, welche nur von spärlichen Intercellularen durchzogen wird, lassen erkennen, dass *Stupa tortilis* Desf. unter extremeren Standortsverhältnissen vegetiert. Kaum xerophytischer ist das Blatt von *Avena filifolia* Lag. gebaut (Fig. 6). Die Rillenbildung der Blattoberseite ist etwas tiefer, die Behaarung reichlicher. Die Blattunterseite wird von einer ein-, stellenweise zweischichtigen Hypodermis begleitet, die äussere Epi-

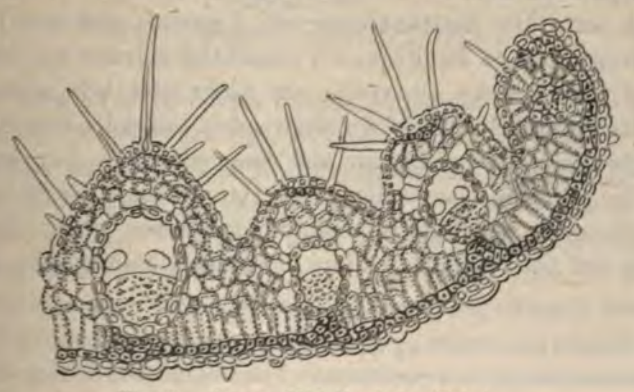


Fig. 6. *Avena filifolia* Lag. (Orig.).

dermiswandung ist sehr stark verdickt und trägt vereinzelte zapfenartige, kurze Warzen. Dagegen fehlen subepidermale Rippen; unter den vorragenden Leisten der Oberseite treten höchstens kleine Gruppen wenig stark verdickter Zellen auf, das Assimilationsgewebe ist zudem reichlicher von kleineren und grösseren Intercellularen durchsetzt. Schon erheblich mehr den Charakter eines Xerophyten zeigt das Blatt von *Stupa parviflora* Desf. (Fig. 7). Die Blattoberseite ist nun sehr stark und tief gerillt, am unteren Ende der schmalen

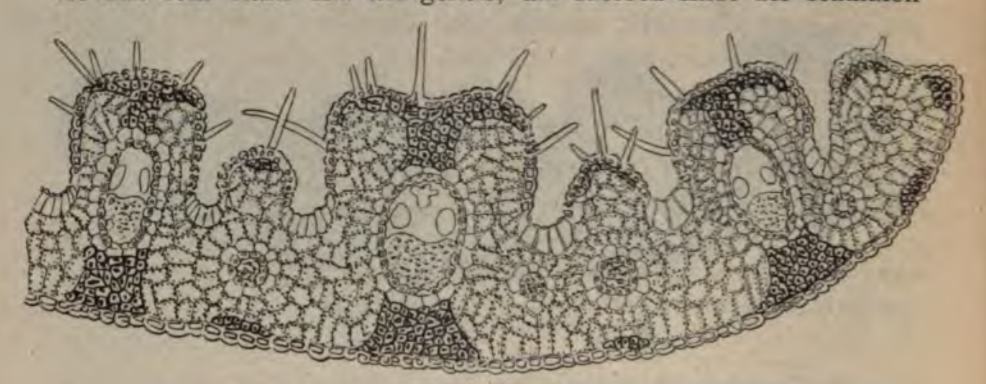


Fig. 7. *Stupa parviflora* Desf. (Orig.).

Furchen sind grosse, dünnwandige „Gelenkzellen" ausgebildet. Bei der Einrollung werden die Furchen immer enger und durch die an den Seiten der Rippen reichlich auftretenden Warzenhaare fast ganz geschlossen. In diesen windgeschützten Stellen sitzen die Stomata. Im Gegensatz zu *Stupa tortilis* Desf. erreichen die nur unter den grösseren Gefässbündeln auftretenden, aber stärker ausgebildeten subepidermalen Rippen das im centralen Teil des Blattes verlaufende Leitungsgewebe; zudem treten, auf der Blattunterseite und besonders am seitlichen Blattrand, zwischen den Hauptrippen noch kleinere Bastbelege auf. Die Blattanatomie von *Lygeum spartum* L. (Fig. 8) wurde bereits von A. Tschirsch[1]) eingehend erörtert und abgebildet. Das Blatt wird auf der Oberseite von sechs oder acht tiefen Längsrinnen durchfurcht. Der Kopf der dazwischen liegenden Gewebeprismen ist kegelförmig und besteht nur aus einer einzigen, beziehungsweise Doppelreihe mechanischer Zellen. Die Hauptmenge der Sklerenchymfasern treten als mächtige subepidermale Rippen unter der unteren Epidermis auf und verbinden diese mit den Gefässbündeln. Auch hier

---

[1]) A. Tschirsch, Beiträge zu der Anatomie und dem Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. Pringsheims Jahrb. für wissenschaftl. Botanik, Bd. XIII (1882), 25 Seiten und 3 Tafeln.

verlaufen zwischen den Hauptrippen noch kleinere Zwischenrippen, isolierte Gruppen von Bastfasern durchziehen gelegentlich sogar selbst das Assimilationsgewebe. Die chlorophyllhaltigen Zellen sind sehr reichlich vertreten und schliessen dicht aneinander; die Epidermis der Blattoberseite trägt kurze steife Borstenhaare, so dass bei geschlossenem

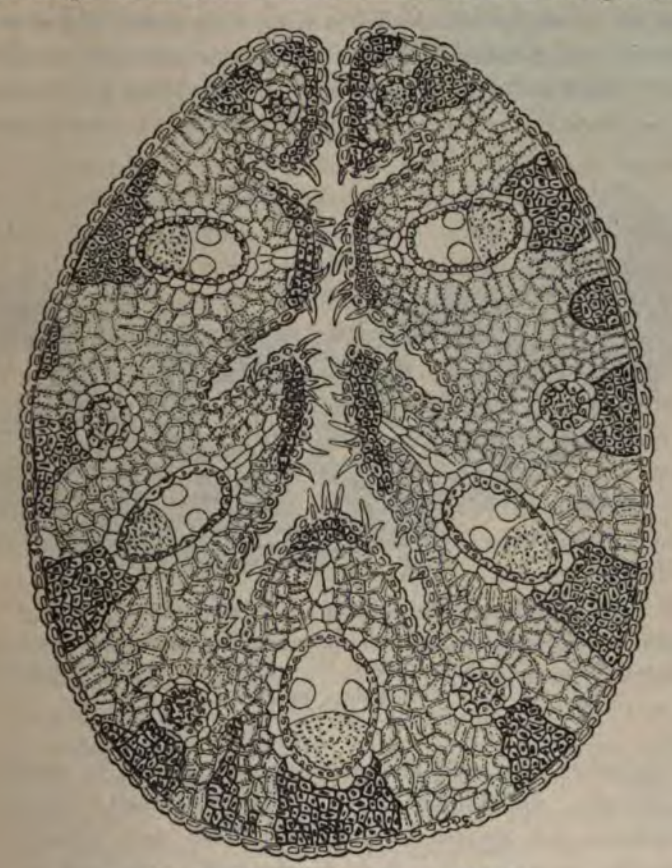


Fig. 8. *Lygeum spartum* L. (Orig.).

Blatt hier ganz windgeschützte Räume vorhanden sind. Um so auffälliger ist, dass die spärlichen Spaltöffnungen nicht hier, sondern auf der Blattunterseite auftreten. Den Einrollungsmechanismus hat Tschirsch untersucht und kommt zu dem Ergebnis, dass die Ursache der Bewegungserscheinungen hauptsächlich in den Turgoränderungen des Assimilationssystems zu suchen ist. „Da jedoch auch im trockenen Zustande Bewegungen sich hervorrufen lassen, abgetrennte Tangentialstreifen ebenfalls Krümmungserscheinungen zeigen, so muss hier wohl auch die Membranquellung eine, wenn auch untergeordnete Rolle bei dem Mechanismus spielen."

Weitaus der xerophytischste Typus ist aber das Halfagras (Fig. 9). Die Ausbuchtungen und Erhebungen der Blattoberseite sind viel tiefer, beziehungsweise höher als bei den vorhergehenden Arten. Die Stomata finden sich nur in den hintersten Teilen der Längsrinnen und die mechanischen Elemente schliessen sich auf der Blattunterseite zu einem kontinuierlichen Ring zusammen, der sich wie ein dichter Panzer um den äusseren Teil des Blattes legt. Die mechanischen Belege der Blattoberseite stehen mit dem Bastring in direkter Verbindung, so dass die grösseren Gefässbündel ganz von mechanischem



Fig. 9. *Macrochloa tenacissima* Kth.
Blattquerschnitt (Orig.). Tr. = Trichome der oberen Epidermis; Ass. = Assimilationsgewebe; G. = Gefässbündel; Sc. = Sclerenchym; St. = Spaltöffnungen; U.E. = Untere Epidermis.

Gewebe umgeben sind und das Assimilationssystem, in einzelne Parzellen getrennt, vollständig nach der Blattoberseite verlagert ist. Beim Einrollen des Blattes greifen die Leisten und Vertiefungen der Blattoberseite so ineinander, dass die Spaltöffnungen und die zarteren grünen Teile des Blattes fast ganz gegen die umgebende Atmosphäre abgeschlossen werden. Durch die zahlreichen, nur auf der Blattoberseite auftretenden Haare werden diese windgeschützten Abschnitte noch weiter gegen Wasserverlust geschützt.

Wie kommt nun das Einrollen des Halfablattes zustande? Die Gelenkzellen sind so klein, dass sie Duval-Jouve sogar ganz entgangen sind und für den Einrollungsmechanismus jedenfalls unmöglich von entscheidender Bedeutung sein können. Das Assimilationsgewebe tritt im Halfablatt stark zurück, so dass Turgorschwankungen der chlorophyllhaltigen Zellen, — wie dies beim Lygeumblatt hauptsächlich der Fall ist — nicht wohl das Auslösen der Bewegung bewirken

können. Gegen die Auffassung, dass Turgeszenzänderungen das Einrollen verursachen können, spricht auch die Tatsache, dass diese Bewegungen auch am toten Blatt noch zu beobachten sind, wenn dasselbe abwechselnd befeuchtet und wieder ausgetrocknet wird. Der Sitz der Bewegung ist hier im mechanischen Gewebe zu suchen und darauf zurückzuführen, dass die inneren Bastzellschichten stärker quellbar sind als die äusseren. So entstehen bei Abgabe von Wasser durch Verdunstung Spannungsdifferenzen, durch welche die zweckentsprechenden Bewegungen ausgelöst werden.

5. Sklerophyllie. Das heisst die Ausbilduug derblederiger Blätter mit stark verdickter äusserer Epidermiswandung, mit ungewöhnlich dicker Kutikula, mit gewaltig entwickeltem mechanischem System, bald in Form von einer mehrschichtigen Hypodermis oder als subepidermale Bastrippen oder auch in Verbindung mit den Gefässbündeln in Form von T-trägern, etc. Dazu kommt, dass der Spaltöffnungsapparat mit grösster Sorgfalt ausgebildet wird, die Stomata erhalten meist eine versteckte Lage im Grunde von Rillen. Durch Auswachsen bestimmter Teile der Spaltöffnungs- und der Nebenzellen werden zwischen die äussere Atmosphäre und das Assimilationsgewebe zwei, ja drei windgeschützte Vorhöfe eingeschaltet und zuweilen die Umgebung der Öffnung durch Wachsüberzüge oder durch dichte Behaarung weiter geschützt. Ungefähr 20 % der Steppenflora sind Hartlaubgewächse, darunter ist das Formationselement der Macchien und Garigues sehr stark vertreten. Hierher: *Juniperus oxycedrus, Chamaerops humilis, Quercus coccifera, Pistacia lentiscus, Globularia alypum, Fumana laevipes, Passerina hirsuta, Paronychia argentea* und *nivea, Coronilla glauca, Rosmarinus officinalis, Thymus vulgaris, Teucrium polium,* ferner *Thymus zygis, Thymus longiflorus, Zollikoferia resedifolia, Sideritis leucantha, Teucrium buxifolium, Herniaria polygonioides* etc.

Mit der Sklerophyllie ist sehr oft

6. Mikrophyllie verbunden, d. h. die transpierierende Blattfläche wird auf die Nadel- oder sogar auf die Schuppenform verkümmert.

Nadelblätter haben: *Juniperus oxycedrus, Fumana laevipes, viscida, F. procumbens* var. *ericoides, Rosmarinus, Thymus vulgaris* und *zygis; Senecio linifolius,* Blätter dünnlaubig, aber schmal verlängert lineal-lanzettlich, *Helichrysum stoechas, Erica arborea, Phagnalon sordidum* und *saxatile, Artemisia herba alba, Rhamnus lycioides, Suaeda fruticosa, Helianthemum pilosum* v. *tomentellum.* Die Ausbildung des Nadelblattes zeigt selbst wieder eine grosse Mannigfaltigkeit, indem dasselbe bald stechend ist (*Juniperus*

oxycedrus, Erica), bald derb filzig-behaart (*Helianthemum pilosum, Artemisia herba alba*), bald dünnlaubig ombrophil (*Rhamnus lycioides*) oder selbst sukkulent (*Suaeda*).

Schuppenblätter besitzen *Passerina hirsuta, Haloxylon articulatum, Tamarix gallica, Salicornia*.

7. Rutenpflanzen. Sie stellen ein weiteres Glied in der Verkümmerungsreihe der Blattgebilde dar. Es sind Pflanzen mit meist mehr oder weniger verkümmerten Schuppenblättern, bei denen aber die Internodien stark gestreckt sind und die Assimilation hauptsächlich dem Stengel übertragen worden ist. Obwohl noch mit verhältnismässig gut ausgebildeten Blättern versehen, ist *Coronilla juncea* daher doch schon den Rutenpflanzen zuzuzählen, denn an der Assimilationstätigkeit ist bereits der Stengel sehr stark beteiligt und die Abschnitte der gefiederten Blätter sind schmal lanzett bis lineallanzett. Die meisten Staticearten haben sklerophytische basale Blätter, der Spross dagegen ist rutenartig ausgebildet. Typische Rutenpflanzen sind ferner: *Ephedra fragilis, Asparagus albus* und *horridus, Osyris alba* und *Polygonum equisetiforme*[1]) besitzen noch entfernt stehende, dünnlaubige und hinfällige, schmal lanzettliche Blätter, dann *Genista umbellata* und *G. murcica* (Fig. 10) und endlich *Sideritis glauca*.

8. Filzpflanzen. Die Zahl der Arten, welche mit einem dichten Indument von einfachen Woll- oder Seidenhaaren oder auch von Sternhaaren bedeckt sind, ist auffallend gross, einige Pflanzen sind von ganz edelweissartigem Aussehen, so *Mercurialis tomentosa, Cynoglossum cheirifolium, Lavatera maritima*, so einige Abarten von *Helichrysum stoechas*, ferner *Artemisia herba alba* und auch die *Andryala ragusina*. *Marrubium vulgare* findet sich in der Steppe in einer weisswolligen Varietät (v. *lanatum*). Eine seidenhaarige Bekleidung hat *Convolvulus lanuginosus* v. *sericeus*. Stark behaart sind ferner: *Matthiola tristis, Plantago albicans, Helianthemum pilosum* v. *tomentellum, Teucrium polium, T. pseudochamaepitys, Ballota hirsuta, Phlomis lychnitis, Marrubium alysson, Ajuga iva, Evax pygmaea* etc.

9. Sukkulenten. Auch die Sukkulenz ist innerhalb der Steppenflora eine recht häufige Erscheinung, es lässt sich mit Leichtigkeit eine Stufenleiter von „gelegentlichen Sukkulenten“ bis zu den ausgesprochendsten Saftpflanzen zusammenstellen. In meiner Arbeit über die Pflanzenwelt Korsikas (No. 23 pg. 27) habe ich bereits darauf

[1]) Volkens, G., Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Berlin 1887. Gebr. Bornträger; Blattquerschnitt: Tafel IX, Fig. 7.

hingewiesen, dass *Silene sericea*, gewöhnlich eine Ruderalpflanze, und *Lotus corniculatus*, am Strande mehr oder weniger dickliche Blätter haben, währenddem dies an anderen Standorten nicht der Fall ist.

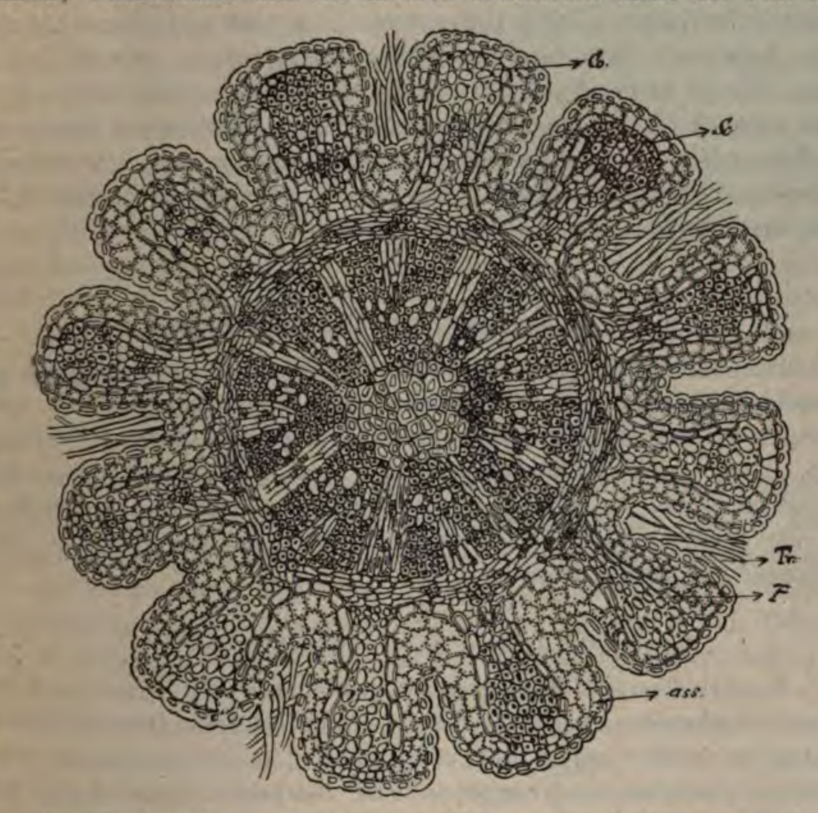


Fig. 10. *Genista murcica* Coss. (Orig.). Querschnitt durch den Stengel. Retamatypus mit tiefer Rillenbildung. In den Rillen stellenweise Haarbüschel (Tr.). dazwischen die Spaltöffnungen. Im Zentrum der Holzkörper mit primären und sekundären Markstrahlen. Der zentrale Teil der Rippen ist sehr verschieden gebaut, kleine Gefässbündel sind umgeben von dem mächtig entwickelten Collenchym (Co.) oder von Sklerenchym (Sc.). Eine, den Ausbuchtungen der Rillen folgende Parenchymscheide (P.) trennt das mechanische und leitende Gewebe von dem unter der verdickten Epidermis auftretenden Assimilationssystem (Ass.). Die chlorophyllhaltigen Zellen sind wenig entwickelt, mehr oder weniger polyedrisch, die Interzellularen spärlich und äusserst klein. Unter der konvexen Aussenfläche der Rillen ist ein einschichtiges, aus 4 bis 6 Zellen bestehendes Wassergewebe vorhanden, so wird das Assimilationssystem in so viele selbständige Abschnitte zergliedert als Furchen vorhanden sind.

Auch *Lobularia maritima* ist öfters ein solcher Gelegenheitssukkulent. Neigung zur Sukkulenz zeigen auch viele Zwiebelpflanzen, durch Ausbildung von dicken mastigen Blättern und Stengeln; so besonders der häufige *Asphodelus fistulosus*. Die meisten Sukkulenten der

Steppe sind Blattsukkulenten, daneben kommen jedoch auch Stammsukkulenten (Salicornien) vor. Bei *Mesembryanthemum nodiflorum* und *Aizoon hispanicum* ist sowohl Achse als Blatt sukkulent. Die meisten Saftpflanzen sind Halophyten (Halosukkulenten): *Atriplex halimus*[1]), *Beta Baurgaei, Peganum harmala, Suaeda fruticosa, Aizoon hispanicum, Mesembryanthemum nodiflorum*[2]), doch gibt es auch eigentliche Xerosukkulenten: *Moricandia arvensis, Sedum altissimum, Anthyllis cytisoides, Lycium intricatum, Linaria crassifolia*; alles Saftpflanzen, die entweder nicht oder doch nur ausnahmsweise auf Salzboden auftreten.

c) Zur Pflanzengeographie der Litoralsteppe.

Das Bild der Litoralsteppe wäre ohne einen Überblick über die verschiedene Ausbildung derselben und ihrer Beziehungen zu den übrigen Steppen unvollständig. Es drängt sich uns ferner die Frage auf, in wie weit bestimmte Formationen am Aufbau der Steppe beteiligt sind und ob von eigentlichen „Steppenelementen" gesprochen werden kann; endlich soll noch die Frage nach der Herkunft der Steppenflora erörtert werden.

I. Die Typen der Litoralsteppe.

Je nach dem die Pflanzendecke geschlossen oder offen, aus zerstreut wachsenden Pflanzen besteht, unterscheidet Drude[3]) zwei Kategorien von Steppen. Die Steppen mit geschlossener oder annähernd geschlossener Vegetationsdecke betrachtet dieser Autor als eine Facies der Grasfluren. Diese sog. Grassteppen bilden eine klimatisch bedingte Variante unserer Wiesen und treten von den sommerheissen und winterkalten Ländern der gemässigten und subtropischen Zone bis in die durch regenlose Trockenzeiten unterbrochenen Tropengebiete auf. Die Grassteppen zeigen in den einzelnen Ländern eine grosse Mannigfaltigkeit, welche durch die zwischen den Gräsern wachsenden, oft zu unentbehrlichen Bestandteilen werdenden anderen Vegetationstypen bedingt wird. Die im westlichen Nordamerika am Fuss der Rocky Mountains herrschenden „Prärien" gehören hierher; die Puszta (bedeutet so viel wie Öde) Ungarns ist ebenfalls eine solche Grassteppe und auch die südrussischen Steppen sind meistens Grassteppen.

---

[1]) Volkens, l. c., Blattquerschnitt Tafel XI Fig. 7.

[2]) Volkens, G., l. c. Blattquerschnitt Tafel XIII Fig. 3.

[3]) Drude, O. — in G. v. Neumayers Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, ed. III Bd. II (1905) pg. 359—362.

Doch unsere südostspanischen Steppen gewähren ein ganz anderes Bild. Die Litoralsteppe Willkomms besteht immer nur aus sehr offenen xerophytischen Vergesellschaftungen von Pflanzen, die nach Drude unter den Begriff der Wüstensteppen fallen. Die Entwicklung einer gegen Dürre geschützten Vegetation mit kurzer, auf Frühling und Frühsommer beschränkten Triebkraft, fehlender Anschluss der Gewächse zu einer zusammenhängenden Decke, daher Kahlheit des überall durchschauenden nackten Bodens sind die Merkmale echter Wüstensteppen, die übrigens mit den Grassteppen durch mancherlei Übergänge verbunden sind. Gegenüber Wüsten unterscheiden sich diese Steppen nach Warming[1]) nur dadurch, dass sie individuenreicher sind, denn die Pflanzendecke ist immerhin noch dichter und höher als in der eigentlichen Wüste. Die Steppen westlich von Huercal Overa gegen Baza nehmen stellenweise eigentlichen Wüstencharakter an. Uns drängt sich aber die Frage auf: Welches sind die Ursachen, die hier Grassteppen, dort Wüstensteppen bedingen?

Vergleichen wir z. B. die südrussischen Steppengebiete mit unserer Litoralsteppe. Wie wir bereits wissen, schwankt die mittlere jährliche Niederschlagsmenge im Gebiet der Litoralsteppe zwischen 29 und 45 cm. Südrussland zeigt nach J. Hann[2]) folgende jährliche Niederschlagsmengen: Kiew 53 cm, Kursk 43 cm, Samara 40 cm, Odessa 40 cm, Nikolajew und Sewastopol 38 cm, Astrachan und Novo Petrowsk 12 bis 15 cm. Abgesehen von diesen beiden letzten Stationen sind mithin die jährlichen Niederschlagsmengen Südrusslands nicht wesentlich erheblicher als diejenigen der Litoralsteppe. Wenn in Bezug auf die Gesamtmenge der Niederschläge das pontische Russland gegenüber dem murcianischen Steppengebiet etwas begünstigt ist, so ist nach der Verteilung der Niederschläge das Umgekehrte der Fall. Woeikof sagt darüber: „In der Steppe (Südrusslands) fällt das Maximum des Regens auf den Monat Juni. Die zwar bedeutenden Regenmengen des Juni haben jedoch keinen befruchtenden Einfluss auf das Erdreich, weil sie in Form von Gewittergüssen jählings herabstürzen und an der Oberfläche, ohne tiefer einzudringen, abfliessen. Herbst und Winter sind arm an Niederschlägen, und überdies gestattet der in der Steppe herrschende Buran keine Ansammlung einer tiefen Schneelage, weshalb auch die Schneeschmelze im Frühling dem Boden keine für die Vegetation hinreichende Wassermenge zuzuführen vermag."

---

[1]) Warming, E., Ökologische Pflanzengeographie, 1896. pg. 255.

[2]) Hann, J., l. c. vol. III. pg. 194.

Grösser und einschneidender sind die thermischen Unterschiede. Die Maxima überschreiten nur wenig und ausnahmsweise 40° C, dagegen besitzt Südrussland viel extremere Winter. Gegenüber den absoluten Minima von Valencia und Murcia mit nur — 3°, beziehungsweise — 5,5° C, treffen wir hier Zahlen von — 16,9° C (Sewastopol), — 34,4° C (Sarepta) und sogar mit — 37,1° C (Samara); daher bleibt denn auch die mittlere Jahrestemperatur erheblich hinter derjenigen der spanischen Litoralsteppe zurück. Diese grossen klimatischen Unterschiede bewirken, dass alle Gewächse mit grösseren thermischen Ansprüchen von den südrussischen Steppen ausgeschlossen werden, auch die Kultur subtropischer oder gar diejenige tropischer Nutzpflanzen ist daher unmöglich. Doch weder die Unterschiede im Klima, noch diejenigen in den Niederschlagsverhältnissen vermögen zu erklären, dass in Südrussland Grassteppen, in Südostspanien Wüstensteppen vorherrschen. Der Hauptunterschied beider Steppengebiete liegt eben nicht im Klima, sondern in der Bodenbeschaffenheit.

In der Abhandlung „Die südrussischen Steppen“ bespricht G. J. Tanfiljew[1]) hauptsächlich die Bodenfrage. Der Boden der russischen Steppe ist tiefgründig und besteht aus hellgrauem Löss oder lössartigen hellbraunen Lehmen, welche oberflächlich von einer mehr oder weniger dunkelgefärbten Bodenschicht bedeckt sind. Je weiter nach Süden, desto dunkler gefärbt erscheint der anfangs graue Boden, bis er eine pechschwarze Farbe annimmt, und wir in das Gebiet der Schwarzerde oder des Tschernosjóm kommen. Etwa in der Mitte zwischen der Nordgrenze des Löss und dem Schwarzen und Asowschen Meere ist die Färbung des Bodens am dunkelsten, südlicher nimmt der Boden allmählich eine kastanienbraune Farbe an. Pallas hat bekanntlich im Jahre 1787 die Ansicht ausgesprochen, dass der Humusgehalt des Steppenbodens auf eine ehemalige Bewaldung zurückzuführen und somit zurückgebliebener Wald- und Torfhumus sei. Schon 1768 hat Güldenstädt in seinem Tagebuch geschrieben, dass der schwarze Stoff von Pflanzen herrührt, die einst auf dem schwach bewohnten und an pflanzenfressenden Tieren armen Boden ungestört wuchsen und dann verwesten. Über hundert Jahre hat diese Erklärung keine Beachtung gefunden, erst Ruprecht (1865) und dann besonders Dokutschajef (1883) traten mit Entschiedenheit für die Güldenstädtsche Auffassung auf, einer Erklärung, der sich der grosse Steppenforscher Tanfiljew ebenfalls rückhaltlos anschliesst. Diese Erklärung deckt sich mit der Theorie, die auch durch andere Tat-

[1]) Tanfiljew, G. J., Die südrussischen Steppen. Resultats scientifiques du congrès international de botanique. Vienne 1905. pg. 381—388 (1906).

sachen bestätigt wird, dass die südrussische Steppe stets waldlos gewesen sei. Auch von der Puszta sagt Kerner[1]): Der Boden wird gebildet aus einer tiefgründigen, bald mehr, bald weniger mit Humus gemengten Erde.

Kehren wir zur spanischen Litoralsteppe zurück. Leider haben wir auf unseren beiden spanischen Reisen versäumt, die Bodenbeschaffenheit einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen und Bodenproben behufs deren Analyse mit nach Hause zu nehmen. Immerhin entnehmen wir unseren Aufzeichnungen, dass der Boden der Litoralsteppe ganz wesentlich von demjenigen Südrusslands abweicht. Der Steppenboden Südostspaniens ist fast immer flachgründig-steinig, nicht selten tritt sogar der anstehende kahle, meist mehr oder weniger zerklüftete Fels zutage und dies nicht nur in den Sierren, sondern öfters sogar in der Niederung, so z. B. zwischen Villajoyosa und Alicante, um Cartagena, am nördlichen Rand der Huerta zwischen Orihuela und Murcia. Die zwischen den Steinen und in den Felsspalten auftretende Erde scheint reich an Mineralstoffen, aber fast immer arm an Humus zu sein. Dunklere oder sogar schwarze Erde haben wir nur in einigen Felsritzen der Sierren angetroffen. Löss kommt vor, ist aber im Steppengebiet Alicante-Cartagena-Murcia offenbar selten, häufiger dagegen westlich von Huercal Overa gegen Baza (im östlichen Andalusien); auch südlich von Benisa gegen Calpe haben wir Gelegenheit gehabt, typische Lösslandschaften, welche hier jedoch noch mit Felsenheiden, Garigues und dürftigen Macchien bestanden waren, kennen zu lernen. Dieser Löss ist fast immer nur von hell gelblichbrauner Färbung und von fein mergeliger Beschaffenheit, nie dunkelbraun oder gar schwarz. Häufiger sind Böden von auffallend rotbrauner Färbung. Schon beim Überschreiten der spanischen Grenze fallen diese wohl eisenschüssigen Böden in Katalonien auf, sie dienen meist der Ölbaumkultur. Der Steppenboden ist ferner fast stets salzig, und zwar sowohl im Steppengebiet Südrusslands wie in Spanien; öfters ist der Salzgehalt so gross, dass der Boden mit Salzausblühungen besetzt ist.

Die ganz andere Bodenbeschaffenheit verunmöglicht also hauptsächlich die Entwicklung von Grassteppen im Gebiet der spanischen Litoralsteppe. Einzig die ausgedehnten flachen Niederungen im Mündungsgebiet der grossen Flusstäler mit ihrem feinen sandig-mergeligen, infolge der Auslaugung nicht oder nur schwach salzhaltigen Böden würden stellenweise Grassteppen ermöglichen. In diesen bevorzugtesten Gebieten der Provinzen Valencia und Murcia

[1]) Kerner, A., Das Pflanzenleben der Donauländer, 1893. pg. 30.

lässt das Kulturland jedoch den ursprünglichen Zustand schon längst nicht mehr erkennen.

Die Willkommsche Litoralsteppe umfasst also nur Wüstensteppen. Je nach Bodenbeschaffenheit und Vegetationscharakter lassen sich folgende Typen unterscheiden:

1. Edaphische Facies der Litoralsteppe.

A. Boden sehr salzhaltig, in der Trockenperiode oft mit Salzausblühungen bedeckt. — Salzsteppen.

Mit Salzsteppen haben wir auf unseren Exkursionen nur flüchtige Bekanntschaft gemacht, so bei der Station Albatera-Catral, zwischen Elche und Orihuela und wieder zwischen Huercal Overa und Zurgena im östlichen Andalusien, an beiden Orten war der Boden mit Salzausblühungen bedeckt. Salzsteppen, oft von grösserer Ausdehnung, sind auch längs der Küste von Benidorm bis Cartagena anzutreffen, so um das Mar Menor. Salzhaltige Strandsümpfe werden als Marismas bezeichnet. Nördlich von Bobadilla haben wir die Laguna Salada bereits Anfang April am Rande mit einer Salzkruste bedeckt gesehen.

Die Salzsteppe von Albatera-Catral bis gegen Callosa besteht aus feinem Flugsand, sie ist in sehr offener Formation fast nur von Sukkulenten bewachsen. Als Leitpflanze tritt massenhaft *Salicornia fruticosa* L. auf, oft mit eigentümlich rötlicher Färbung. Dazu gesellen sich *Atriplex halimus* L., *Beta maritima* L., *Suaeda fruticosa* Forsk, *Inula crithmoides* L. und als einziger Vertreter des Baumwuchses hin und wieder eine kümmerliche Tamariske. Bereits werden Entwässerungskanäle durch die Salzsteppe gezogen und an einer Stelle ist sogar eine kleine Palmenpflanzung angelegt.

B. Boden wenig oder nicht salzhaltig.

a) Löss- und Sandsteppen. Die Unterlage wird gebildet durch Lockerböden von meist äolischer, seltener mariner oder limnischer Aufschüttung. Das Material ist bald feiner bis feinster Flugsand und zwar entweder rein oder mit lehmig-mergeligen Beimengungen, oder es ist Löss und dann von vorwiegend mergeliger Beschaffenheit. Wo diese Böden nicht salzhaltig sind und das nötige Wasser vorhanden ist, sind sie von hervorragender Fruchtbarkeit und dann regelmässig gut bebaut. Solche Löss- und Sandsteppen z. T. noch mit der ursprünglichen Pflanzenwelt bestanden, trafen wir am Mar Menor bei La Union, im Tal des Rio dulce, nördlich von Orihuela gegen Benferri und um Huercal Overa.

b) Grussteppen. Es sind Lockerböden, die aber nicht durch Aufschüttung (Alluvium), sondern fast immer durch Eluvium, d. h. an Ort und Stelle durch Zerfallen des anstehenden Gesteins entstanden

sind. Es ist unverbundener loser Gebirgsschutt, der bald Hügellandschaften und Hochflächen mit einem schützenden Mantel überzieht und so vor weiterer rascher Erosion schützt, bald bei steileren Hängen abrutscht und dann als mehr oder weniger breiter Gürtel den Fuss der Sierren umsäumt. Die Grussteppen bauen sich aus erbsen- bis haselnuss-, seltener bis faustgrossen, meist scharfeckigen Gesteinsmaterialien auf. Die Zwischenräume sind von einem feineren Material ausgefüllt, das öfters sogar erdige Beschaffenheit zeigt. Dieser Gebirgsschutt besitzt gewöhnlich nur eine geringe Mächtigkeit; inselartig treten hin und wieder die anstehenden Gesteine, meist als abgeflachte, wenig vorragende Felsköpfe zutage. Ein schönes Beispiel von Grussteppen lernten wir am Fuss der Sierren von Orihuela, im Westen dieser Stadt kennen.

c) Felssteppen. Die Unterlage bildet anstehendes, bald mehr oder weniger kompaktes, bald zerklüftetes Gestein. All' die zahllosen Sierren im Gebiet der Litoralsteppe sind fast ebensoviel Beispiele von Felssteppen. Die Vegetationsdecke ist natürlich äusserst offen und besteht fast nur aus Chasmophyten, d. h. Spaltpflanzen, die in den Spalten des Gesteins wurzeln und die z. T. auch das Geröll, das natürlich nie fehlt, besiedeln oder es sind Petrophyten, echte Felspflanzen, meistens Algen und Flechten, aber auch höhere Sprosspflanzen, die mit zahlreichen z. T. oberirdischen Wurzeln die Gesteine umfassen.

2. Floristische Facies der Litoralsteppe.

Nach der Vegetation haben wir auf diesen verschiedenen Bodenarten 5 Typen der Litoralsteppe kennen gelernt.

1. Die Lygeumsteppe (Lygetum). Sie scheint besonders mehr oder weniger salzhaltigen Löss- oder Sandboden zu bevorzugen. Als Begleiter treten immer eine grössere Zahl Halophyten auf, von denen viele Sukkulenten sind. Eine typische Lygeumsteppe trafen wir in den weiten Niederungen des Rio dulce, nördlich von Orihuela. Siehe pg. 80.

2. Die Halfasteppe oder Espartoformation (Espartetum, Tafel IV Fig. 7). Das bis mannshohe Halfagras tritt immer büschelweise auf, es bevorzugt Grusboden, fehlt aber auch auf Löss- und Sandboden nicht. Wenn Willkomm von „Grassteppen" spricht (Lit. 35 pg. 213), so denkt er an diese Formation. Um Verwechslungen mit den eigentlichen Grassteppen, die wir mit Drude, Kerner, Tanfiljew etc. in ganz anderem Sinn umschrieben haben, zu vermeiden, wird man daher am besten diese Willkommsche Bezeichnung fallen lassen. Halfasteppen sind im ganzen Gebiet der Litoralsteppe sehr verbreitet. Wir haben sie nördlich von Orihuela kennen gelernt

(siehe pag. 78), auch um Lorca, Empalme, Seron bis gegen Baza finden sich viele Halfasteppen. Von allen Bahnstationen zwischen Lorca und Baza wird Halfagras exportiert; auch an mehreren Stationen zwischen Granada und Bobadilla sahen wir ganze Eisenbahnwagen mit Halfa, das wohl auf der granadinischen und bätischen Steppe gesammelt wurde, beladen. Nach Willkomm finden sich grössere Halfasteppen auch um Cartagena und Mazarron und auf den im Norden der Gebirge gelegenen Plateaus. Rossmässler bildet als Titelblatt des zweiten Bandes seiner Reiseerinnerungen aus Spanien die Espartoebene bei Baza ab. Auf Karte II hat Willkomm in seinen Grundzügen der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel auch die Verbreitungsareale der spanischen Steppen eingetragen. Die Nordgrenze der Litoralsteppe stimmt recht gut mit unserer Beobachtung, dagegen sollte das Areal in westsüdwestlicher Richtung landeinwärts ziemlich vergrössert werden und sich nicht nur in einem schmalen Streifen längs der Küste hinziehen. Auf der Karte sind die Gebiete von Lorca und Baza gar nicht mehr der Steppe zugezählt.

2. Die Kleinstrauchsteppe ist besonders auf Grus- und zerklüftetem Felsboden entwickelt. Den schönsten Einblick in diesen Steppentypus verschaffte uns eine Exkursion nordwestlich von Orihuela; aber auch am Hafen von Cartagena und südwestlich von Villajoyosa ist die Steppe hauptsächlich als Kleinstrauchsteppe entwickelt. Es ist das eine sehr offene Wüstensteppe, in der eine ziemlich grosse Anzahl kleiner, bald dem Boden angepresster, bald ca. 10 bis 25 cm hoher, knorriger Sträucher mit meist erikoiden Blättern, die wesentlichen Bestandteile der ausserordentlich dürftigen Vegetationsdecke bilden; viele dieser Kleinsträucher sind als Filz- oder Rutenpflanzen ausgebildet. Die Gräser sind von untergeordneter Bedeutung und auch die Zwiebel- und Knollengewächse treten wenigstens an Artenzahl sehr stark zurück. Bezeichnend ist, dass meistens keine einzige Art vorherrschend ist; vermögen jedoch einzelne Arten zu eigentlichen Leitpflanzen zu werden, so sind es öfters nicht die eigentlichen Steppenpflanzen, sondern Vertreter der Felsenheide, vor allem der Asphodill (*Asphodelus fistulosus* L.) oder der Thymian (*Thymus vulgaris* L., seltener *Thymus zygis* L.).

4. Die Felsensteppe. Unsere erste Begegnung mit der Steppe, zwischen Villajoyosa und Alicante, gab uns schon einen Einblick in den Charakter einer Felssteppe. Schöne Beispiele von Felsensteppen verschafften uns dann ferner die Exkursionen auf die Sierra von Orihuela und auf den Monte Agudo bei Murcia. Die Felsensteppe ist wohl der an Individuen ärmste, an Arten aber vielleicht der reichste Typus der Litoralsteppe, die besonders durch ihre vielen



Phot.: R. Chodat.

Fig. 15. Noria bei La Union, westlich Cartagena. (pag. 133)



Phot.: R. Chodat.

Fig. 16. Gemauerter Bewässerungskanal in Elche (pag. 132).



Phot.: R. Chodat.

Fig. 17. Hirtenhütte aus Arundo donax, in der Steppe (pag. 76).

Endemismen, durch zahlreiche iberisch-mauritanische oder süd-mediterran-orientalische Arten ausgezeichnet ist. Von einer Leitpflanze kann man auch hier nicht sprechen, denn es treten oft von Sierra zu Sierra erhebliche Wechsel im Florenbestande auf.

5. Das Salicornietum: Haupttypus der Salzsteppe (s. pag. 110).

II. Aufbau der Litoralsteppe nach Formationselementen.

Nach Villajoyosa, beim Betreten der ersten Steppeninsel, vollzog sich wie mit einem Schlage ein förmlicher Wechsel, nicht nur im Vegetationsbild, sondern auch im Florenbestand. Eine grosse Anzahl von Arten, die wir vorher entweder gar nicht oder höchstens nur ganz vereinzelt, gewissermassen als Fremdlinge angetroffen hatten, fanden sich hier nun allgemein verbreitet. Das Vegetationsbild war das einer verarmten Felsenheide, der Vergleich der Florenbestandteile musste aber sofort ergeben, dass dieser erste Eindruck nur nach der physiognomischen Seite hin berechtigt war, dass aber pflanzengeographisch die Steppe etwas vollständig Neues bedeutet, das keiner der bisherigen pflanzlichen Vergesellschaftungen der spanischen Riviera, nördlich von Benidorm, gleichzustellen oder unterzuordnen ist. Diese Auffassung ist durch unsere weiteren Exkursionen in der Litoralsteppe nur bestätigt worden.

Neben dem Hauptkontingent der eigentlichen Steppenpflanzen fehlen Vertreter anderer Formationen nicht ganz, doch diese treten meistens stark zurück, zwar öfters nicht sowohl an Arten — als hauptsächlich an Individuenzahl. Diese Pflanzen zeigen zudem gegenüber den eigentlichen Steppenpflanzen oft ein kümmerliches, zwerghaftes Dasein, das im Vergleich zum Vorkommen in ihrem natürlichen Formationsverband erkennen lässt, dass diese Arten hier nur Eindringlinge sind, die nicht recht Boden zu fassen vermögen.

Verhältnismässig am dürftigsten ist das Formationselement der Garigues und Macchien in der Steppe vertreten. Dasselbe umfasst folgende 24 Arten, d. h. ca. 13 % unserer Steppenausbeute.

Juniperus oxycedrus L.	*Globularia alypum* L.
Ephedra fragilis Desf.	*Daphne gnidium* L.
Chamaerops humilis L.	*Rubus amoenus* Port.
Arisarum vulgare Targ. Tozz.	*Anthyllis cytisoides* L.
Quercus coccifera L.	*Dorycnium suffruticosum* L.
Pistacia lentiscus L.	*Coronilla glauca* L.
Rhamnus lycioides L.	*Coronilla juncea* L.
Osyris alba L.	*Calycotome spinosa* Lk.

Calycotome villosa Lk.	*Erica multiflora* L.
Rosmarinus officinalis L.	*Phagnalon rupestre* DC.
Thymus vulgaris L.	*Phagnalon saxatile* Cass.
Lavandula multifida L.	*Phagnalon sordidum* DC.

Die Grosszahl dieser Arten fand sich übrigens hauptsächlich nur im Grenzgebiet der Steppe bei Villajoyosa und auf den Hügeln um den Hafen von Cartagena; einzig *Osyris* und *Thymus vulgaris* L. vermögen nach unseren Beobachtungen gelegentlich auch in der eigentlichen Steppe eine grössere Bedeutung zu erlangen.

Grösser ist der Anteil des Formationselementes der Felsenheide in der Steppe. In unseren Steppenlisten figuriert dieser Bestandteil mit 65 Arten, d. h. mit 35 %. Die Mehrzahl derselben treten jedoch auch sehr sporadisch auf, nur wenige sind häufig, oder vermögen selbst zu charakteristischen Bestandteilen der Steppe zu werden. Noch seltener erlangen sie die Bedeutung von Leitpflanzen, dies aber immer nur auf kleinen Gebieten. Diese gelegentlich in der Steppe dominierenden Arten der Felsenheide sind: *Asphodelus fistulosus* L., *Passerina hirsuta* L., *Teucrium polium* L. v. *capitatum* (L.) Briq. und *Helichrysum stoechas* DC.

Oft häufig, aber doch kaum je vorherrschend, kommen in Betracht: *Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., *Gladiolus illyricus* L., *Uropetalum serotinum* Ker., *Ruta chalepensis* L. v. *angustifolia* Pers., *Fumana laevipes* Spach und *F. viscida* Spach, *Mercurialis tomentosa* L., *Paronychia argentea* Lam., *Marrubium vulgare* L., öfters in der v. *lanatum* Bth., *Phlomis lychnitis* L., *Convolvulus lanuginosus* Desv. v. *sericeus* Boiss., *Evax pygmaea* (L.) Pers., *Asteriscus maritimus* Mönch und *Senecio linifolius* L.

Alle übrigen 47 Arten sind von ganz untergeordneter Bedeutung.

Von der eigentlichen Steppenflora ist endlich noch das Formationselement der Strandflora zu trennen. Die Ausscheidung von Strand- und Steppenpflanzen ist jedoch keine leichte Aufgabe, denn wir beobachten vielfach, wie sich diese beiden Bestandteile vollständig mengen, so dass Strandpflanzen zu charakteristischen, häufigen Steppenpflanzen und umgekehrt Steppenelemente auf flachem, sandigem Boden an der Küste zu Strandpflanzen werden. Strand- und Steppenpflanzen neigen eben in gleicher Weise zum Halophytismus und damit auch zum Xerophytismus. Einzig die Verbreitungsverhältnisse können uns einen Fingerzeig für die Ausscheidung von Steppen- und Strandpflanzen liefern. Als Strandpflanzen werden wir diejenigen Arten bezeichnen müssen, welche nicht nur im Gebiet der Litoralsteppe, sondern durch das ganze Mittelmeerbecken und oft noch über dasselbe hinaus als Strandbewohner bekannt sind.

In dieser Umgrenzung ist nach unseren Listen die Strandflora nur mit 13 Arten, d. h. mit ca. 7 %, vertreten. Es sind:

Cakile maritima L.
Lobularia maritima Desv.
Spergularia marina Wk.
Frankenia pulverulenta L.
Lavatera maritima L., Strandfelsenpflanze.
Atriplex halimus L.
Salicornia fruticosa L., Strandsümpfe.
Suaeda fruticosa Forsk.
Beta maritima L.
Statice sinuata L.
Statice echioides L.

Was diesem Bestandteil an Artenzahl abgeht, das wird durch die allgemeinere Verbreitung, das häufigere massenhafte Auftreten und das frohwüchsige Wachstum desselben nachgeholt.

Die drei Formationsbestandteile der Garigue, Felsenheide und Strandflora beanspruchen somit zusammen ca. 55 % der von uns in der Steppe gesammelten Pflanzen. Bringen wir noch die Ruderalpflanzen (z. B. *Reseda alba* L. und *R. lutea* L., *Erodium cicutarium* L'Hérit, *Spergularia rubra* Pers. etc.) mit weiteren 5 % in Rechnung, so bleiben immer noch 40 % für die eigentliche Steppenflora übrig. Da aber diese Arten meist häufig, ja oft massenhaft auftreten, so ist das Vorherrschen des Steppenelementes noch auffälliger als diese Zahl erwarten lässt. Unsere Listen verzeichnen 76 Steppenpflanzen, nach Willkomm zählt die Litoralsteppe 161 eigentliche Steppenpflanzen. Verhältnismässig wenige dieser Pflanzen sind durch das ganze Gebiet der Litoralsteppe ziemlich gleichmässig und dann jeweilen massenhaft verbreitet, so vor allem *Macrochloa tenacissima* (L.) Kth., *Lygeum spartum* L., *Artemisia herba alba* Asso., zuweilen auch *Haloxylon articulatum* (Cav.) Bunge, *Fagonia cretica* L., *Peganum harmala* L., *Marrubium alysson* L. und *Thymus zygis* L. Die Mehrzahl der Steppenpflanzen zeigt eine Verbreitung in kleinen und kleinsten Arealen, einzelne Arten finden sich gelegentlich auch in mehreren weit auseinanderliegenden Zentren, dies gilt besonders für die Felsensteppenflora der Sierren. Wo aber eine eigentliche Steppenpflanze vorkommt, da ist sie fast immer häufig. Nach Willkomm sind von den 161 Steppenpflanzen 69 (d. h. 43 %) auf der iberischen Halbinsel endemisch, etwa 35 davon (22 %) scheinen sogar nur in der Litoralsteppe aufzutreten. Der Lebensweise nach sind 89 (55 %) halophil, der Rest vorwiegend xerophil und 68 (ca. 42 %) finden sich in Europa überhaupt nur in der Litoralsteppe, sei es, dass sie hier endemisch oder auch noch in den Steppengebieten Nordafrikas und des Orients angetroffen werden. Im folgenden Kapitel soll die Flora der Litoralsteppe noch einer pflanzengeographischen Analyse unterzogen werden.

III. Herkunft der Flora der Litoralsteppe.

Nach der Verbreitung ihrer einzelnen Bestandteile zerfällt die Flora der Litoralsteppe in folgende Kategorien:

1. Perimediterrane Arten. In unseren Exkursionslisten sind diese Arten mit einem lichten Dreieck (△) bezeichnet, sie sollen daher hier nicht nochmals aufgeführt werden. Diese Gruppe umfasst 41 Arten, d. h. ca. 22,3 %. Eigentliche Steppenpflanzen finden wir darunter nicht, es sind alles Formationselemente der Garigues, der Felsenheide oder Strandflora. Von grösserer Bedeutung sind nur: *Brachypodium ramosum* (L.) R. et S., *Passerina hirsuta* L., *Osyris alba* L., *Atriplex halimus* L. und *Evax pygmaea* (L.) Pers.

2. Mediterran-mitteleuropäische Arten. Pflanzen, deren eigentliche Heimat auch meist im Mittelmeergebiet zu suchen ist, die aber eine grössere Feuchtigkeit und besonders auch niedere Temperaturen gut zu ertragen vermögen und daher weit nach Mittel- ja selbst bis nach Nordeuropa verbreitet sind, jedoch dem Orient fehlen. Die Zahl dieser Arten ist in der Steppe sehr klein, es sind deren nur 5 (2,8 %), davon hat sich einzig *Ononis natrix* L. in den wärmeren Teilen des südlichen Mitteleuropas eingebürgert, auch *Eryngium campestre* L. ist nur stellenweise verbreitet; *Reseda phyteuma* L. und *Diplotaxis muralis* DC. sind bei uns als Anthropochoren eingeschleppt und *Cakile maritima* Scop. ist endlich eine nach Norden weit verbreitete Strandpflanze.

3. Mediterran-orientalische Arten. Arten, deren Verbreitungsareale nicht nur das ganze Mittelmeerbecken umfassen, sondern östlich noch über die mediterranen Randlandschaften hinausgehen, sich nach Armenien, Syrien, Mesopotamien, z. T. auch nach Arabièn und nach Persien, ja selbst bis nach Affghanistan, Belutschistan und bis ins Indusgebiet erstrecken. Im Mittelmeergebiet sind diese Pflanzen zum grösseren Teil von südmediterraner Verbreitung, doch erreicht eine kleinere Abteilung auch noch Mitteleuropa. Das Kontingent des mediterran-orientalischen Verbreitungselementes ist sehr bedeutend, umfasst es doch 58 Arten unserer Liste, d. h. ca. 31,2 %, und was noch wichtiger ist, diesem Verbreitungselement gehört eine stattliche Zahl typischer Steppenpflanzen an. (In den Exkursionsberichten mit ▲ bezeichnet.)

a) Pflanzen von mediterran-orientalischer Verbreitung, welche auch noch Mitteleuropa erreichen. Diese Gruppe zählt nur 12 Arten, darunter finden sich keine Steppenpflanzen. Es sind

Cynodon dactylon (L.) Pers.	*Spergularia media* Pers.
Plantago coronopus L.	*Erodium cicutarium* L'Hérit.
Spergularia ruba Pers.	*Torilis nodosa* (L.) Gaertn.

Rubus amoenus Port.
Helianthemum salicifolium (L.) Mill.
Fumana procumbens (Dun.) G. G.
Anagallis coerulea Schreb.
Sherardia arvensis L.
Marrubium vulgare L.

Mit Ausnahme von *Marrubium vulgare* L., einer Pflanze, die in der Steppe öfters in einer sehr stark wollig-filzigen Varietät (v. *lanatum* Bth.) auftritt, sind diese Pflanzen in der Steppe sonst alle immer von untergeordneter Bedeutung, ja sogar meist selten. Dies ist nicht der Fall bei der folgenden Abteilung.

b) Pflanzen von mediterran-orientalischer Verbreitung, welche aber Mitteleuropa nicht erreichen. Typische oder doch vorwiegend als Steppenpflanzen auftretende Arten sind mit „St" bezeichnet.

Sphenopus divaricatus (Gou.) Rch.
Andropogon pubescens Vis.
Koeleria phleoides (Vill.) Pers.
Lamarckia aurea Mönch
Phalaris minor Retz.
Bromus matritensis L.
Bromus rubens L.
Brachypodium distichyon (L.) R. et S.
Aegilops ovata L.
St *Stupa parvifolia* Desf. (Arabien).
St *Stupa tortilis* Desf. (S. Persien, Belutschistan)
St *Piptatherum coerulescens* P. B. (Affghan.)
St *Erianthus Ravennae* P. B. (Pers. occid., austr.)
St *Notolaena vellea* Desv. (Pers., Affghan.)
Passerina hirsuta L.
St *Polygonum equisetiforme* Sibth. (Mesop., Pers., Affghan.)
St *Suaeda fruticosa* Forsk. (Arab., Ind.)
St *Haloxylon articulatum* (Cav.) Bunge (Arab., Nordafrika bis Marokko, Süd- und Südost-Spanien)
St *Peganum harmala* L. (Arab., Pers., Turkest.)
St *Aizoon hispanicum* L. (Palmyra, Arabien, Pers.)
St *Mesembryanthemum nodiflorum* L. (Arab., Mesopot.)
St *Plantago albicans* L. (Arab., Pers.)
Plantago lagopus L.
St *Statice Thouini* Viv. (Arabien, Pers. austr.)
Frankenia pulverulenta L.
Reseda alba L.
Ruta chalepensis L. v. *angustifolia* Pers.
St *Carrichtera vellae* DC. (Syrien, Mesop., Pers.)
St *Vicia amphicarpa* Boiss. (Mesopot.)
Psoralea bituminosa L.
Trifolium stellatum L.
St *Boerhaavia plumbaginea* Cav. (Sinai, Arab., Belutsch., Ind.)
St *Marrubium alysson* L. (Arabien)
Teucrium polium L.
Orobanche Muteli F. Schultz.
Lithospermum apulum Vahl.
Echium italicum L.

Vaillantia hispida L.
Picridium tingitanum Desf.
Calendula arvensis L.
Urospermum picroides Desf.
Pallenis spinosa Cass.
Phagnalon rupestre DC.
Atractylis cancellata L.
st *Artemisia herba alba* Asso
(Damascus, Pers., Affgh.)
st *Zollikoferia resedifolia* Coss.
(Arabien, Mesopotamien, Persien).

4. Westmediterrane Arten: Diese Gruppe umfasst Arten, deren Verbreitungszentrum im westlichen Mittelmeerbecken liegt und die entweder bereits schon in Ligurien, Korsika-Sardinien, Sizilien oder dann jedenfalls in Dalmatien ihre Ostgrenze finden. Von diesem Verbreitungstypus haben wir in der Litoralsteppe noch 17 Arten (9,2 %) angetroffen; es sind:

a) Ostgrenze in Italien-Sizilien:

Chamaerops humilis L.
Asparagus albus L.
Calycotome spinosa (L.) Link
Dorycnium suffruticosum Vill.
Fumana laevipes Spach
Brassica fruticulosa Cyr. (nur Lusit. Hisp. mer., Neapel, Sicil.)
Lavatera maritima L.
Thymus vulgaris L.
Cynoglossum cheirifolium L.
Phagnalon saxatile DC.
Phagnalon sordidum DC.
Tamarix gallica L.

b) Ostgrenze wird erst in Dalmatien erreicht:

Coronilla juncea L.
Biscutella auriculata L.
Helichrysum stoechas DC.
Gladiolus illyricus Koch (erreicht noch Serbien)
Astragalus sesameus L.

Diese Liste enthält somit keine einzige eigentliche Steppenpflanze, dagegen vermögen *Helichrysum stoechas* DC. und *Thymus vulgaris* auch in der Steppe öfters geradezu tonangebend zu werden, auch *Gladiolus illyricus* Koch und *Cynoglossum cheirifolium* L. sind in derselben stellenweise häufig.

5. Südmediterrane Arten. Pflanzen, welche nur dem südlicheren Teil des Mittelmeerbeckens angehören: Südportugal, Süd- und Südostspanien, Sardinien, Sizilien, südlichstes Italien, Griechenland, Creta und Nordafrika. Obwohl diese Gruppe nur 11 Arten (6,1 %) umfasst, kommt ihr doch eine grosse Bedeutung zu, indem ihr eine Reihe sehr wichtiger, häufiger und allgemein verbreiteter Steppenpflanzen der spanischen Litoralsteppe angehören. Diese Arten haben offenbar in Nordafrika und Südspanien ihr Massenzentrum, in dem übrigen südlichen Teil des Mittelmeers sind sie meist nur spärlich vertreten. Hierher:

st *Lygeum spartum* L.
Asparagus horridus L.
Gynandriris sisyrinchium (L.) Parl.

Ephedra fragilis Desf. (vorwiegend südwestmediterran, östlich bis Sizilien)
st*Helianthemum lavandulaefolium* DC. (selten in Südfrankreich und Ligurien)
st*Brassica Tournefortii* Gou.
st*Moricandia arvensis* DC. (auch noch selten in Südfrankreich, vorwiegend südwestlich mediterran bis Sizilien, in Griechenland selten)
Ononis ornithopodioides L.
st*Statice echioides* L.
st*Coridothymus capitatus* Rchb. f.
st*Fagonia cretica* (hauptsächlich Nordafrika, Süd- und Südostspanien, selten auf Sizilien [bei Ficuzza], ebenso selten auf Melita und Creta.

Diese Art vermittelt somit den Übergang zum siebenten Verbreitungselement.

6. Iberisch-orientalische Arten. Diese Gruppe umfasst diejenigen Pflanzen, deren Heimat in den Steppen- und Wüstengebieten Vorderasiens zu suchen ist, die aber auch noch auf der iberischen Halbinsel vorkommen, in den Zwischengebieten jedoch meistens ganz fehlen. Von diesem Verbreitungstypus haben wir nur eine Art gesammelt, *Astragalus sinaicus* Boiss. = *A. pseudostella* Del., neu für Spanien, denn der einzige spanische Standort ist unsere Fundstelle in der Halfasteppe, nördlich von Orihuela. Bisher war diese Art von der Sinaihalbinsel, von Ägypten, den Inseln Chios, Syra, Tinos und als Seltenheit von Südgriechenland (Argolis, Attica) bekannt, sowie von einigen vermittelnden nordafrikanischen Fundstellen (Biskra, Aïn-Sefra, Südtunesien).

Die Zahl der Arten der iberisch-orientalischen Gruppe ist übrigens nicht besonders gross. Willkomm (Lit. 36 pg. 103) erwähnt immerhin 40 orientalische Pflanzen, doch deckt sich dieser Begriff nicht ganz mit unserem Verbreitungselement, indem in dessen Artenliste eine Reihe von Pflanzen aufgeführt werden, die auch in Nord-Afrika oder sogar in Süditalien oder Sizilien vorkommen und somit unserem mediterran-orientalischen, beziehungsweise südmediterranen Verbreitungselement zuzuzählen sind. Wenn wir als orientalische Arten diejenigen Pflanzen verstehen, die von ihrer östlichen Heimat (Persien, Arabien, Syrien, Kaukasusländer) nördlich und westlich bis nach Südrussland, Ungarn, Griechenland und Creta ausstrahlen, so gehören folgende 22 Arten der Flora der iberischen Halbinsel der iberisch-orientalischen Gruppe an:

		Verbreitung in Spanien-Portugal	Verbreitung im Orient
Pholiurus pannonicus Trin.	⊙	Spanien (Castrillo).	Transkaukasien, Südrussland, unteres Donaugebiet, Thracien, Dalmatien.
Kalidium foliatum Moq.	♄	Südspanien.	Mongolei, Sungarei, Turkestan, Südrussland.
Eurotia ceratoides C. A. Mey	♃	Südspanien, Aragonien.	Vorderindien, Belutschistan, Persien, Arabien, Armenien, Kaukasusländer, S.- u. S.O.-Russland.
Eurotia ferruginea Boiss.	♄	Südspanien.	Turkestan, Persien.
Pharnaceum cerviana L.	⊙	Zentralspanien.	Nubien, Abessinien, Arabien, Indusgebiet, S.-Sibirien, Kaukasusländer, S.-Russland, Thessalien (selten), Griechenland.
Viscum cruciatum Sieb.	♄	Südspanien.	Palästina.
Lepidium perfoliatum L.	⊙	Zentralspanien (Castilien, Leon, Asturien).	Belutschistan, Affghanistan, Turkestan, Persien, Kleinasien, Chios, Kaukasusländer, Süd-Russland, Transsilvanien, Dalmatien, Croatien, Ungarn, Österreich.
Erucaria allepica Gaertn.	⊙	Süd- u. Südostspanien	Mesopotamien, Arabien, Ägypten, Palästina, Syrien, Kleinasien, Archipel, Creta, Argolis, Attika.
Aethionema ovalifolium Boiss., nur s. spec. v. *Aeth. saxatile* (L.) R. Br.	♃	Südsüdostspanien.	Kleinasien (Anatolien), Creta, Peloponnes (selten).
Ranunculus demissus DC.	♃	S.-Spanien (Granada).	Südpersien, Kleinasien, Libanon, Griechenland (Peloponnes, Chelmos, Kyllene).
Cerastium perfoliatum L.	⊙	Süd-, Ost-, Zentralspanien.	Kleinasien, S.-Russland.
Helianthemum villosum Thib.	⊙	Süd- und Zentralspanien.	Russisch-Armenien.
Ononis hirta Desf.	⊙	Südspanien (Nordafrika?).	Palästina, Syrien, Kleinasien.



Phot.: P. Bohny.

Fig. 18. Caserio und Volkstypen bei Orihuela, am Weg zum Rio dulce.

Rechts der Backofen (pag. 77).

		Verbreitung in Spanien - Portugal	Verbreitung im Orient
Adenocarpus villosus Boiss.	♄	Zentralspanien.	Kleinasien.
noch verwandt mit *A. intermedius* DC.		Ganz Spanien, Portugal, Sizilien, Süditalien.	Nordsyrien, Libanon, Euböa, Athos.
Geum umbrosum Boiss.	♃	Süd- u. Ostspanien (Dauphiné).	Persien, Libanon, Kleinasien, Südrussland.
Malvella Sherardiana Jaub.	⊙	Zentralspanien.	Palästina, Syrien, Kleinasien, Armenien, Transkaukasien, Krim, Thracien, Macedonien, Griechenland.
Salvia piunata L.	⊙	Südspanien.	Palästina, Nordsyrien, Kleinasien.
Scutellaria orientalis L.	♃	Südspanien.	Nordpersien, Kurdistan, Armenien, Kleinasien, Transkaukasien, Krim, Thracien, Griechenland, Dalmatien, Kroatien.
Lycopsis orientalis L.	⊙	Murcia (Nordafrika?).	Affghanistan, Persien, Kurdistan, Armenien, Kleinasien, Krim, Südrussland.
Veronica digitata Vall. (sehr nahestehend d. *V. chamaepitys* Griseb.	⊙	Zentralspanien (Alt- und Neu-Castilien), selten.	Kleinasien, Thracien.
Myosotis refracta Boiss.	⊙	Südspanien.	Turkestan, Mesopotamien, Syrien, Palätsina, Kleinasien, Cypern, Creta, Attica.
Pulicaria arabica Cass.	⊙	Südost- u. Zentralspanien.	Persien, Mesopotamien, Ägypten, Syrien, Cypern, Kleinasien, Rhodos, Creta.

7. Iberisch-mauritanische Arten. Das Verbreitungszentrum dieser Gruppe umfasst das südliche Portugal, Süd- und Südostspanien, sowie die gesamten Atlasländer vom atlantischen Ozean (Marokko) bis Tunesien. Mehrere Arten erreichen auch die Balearen; sporadisch treten einige Pflanzen dieser Gruppe noch an vereinzelten Stellen Südfrankreichs oder selbst in Ligurien auf. Diese Gruppe ist sehr wichtig, denn 25 Arten unserer Steppenausbeute (16,6 %) besitzen

diese Verbreitung; sie umfasst zudem mehrere der wichtigsten Steppenpflanzen, wie z. B. das Halfagras.

st *Macrochloa tenacissima* (L.) Kth.
st *Avena filifolia* Lag.
Uropetalum serotinum Ker., nördlich bis in die Pyrenäen und Südfrankreich.
st *Matthiola parviflora* R. Br.
st *Eruca vesicaria* (L.) Cav.
st *Herniaria polygonoides* Cav.
st *Helianthemum pilosum* Pers.
Polygala rupestris Pourr.
Viola arborescens L.
Rhamnus lycioides L.
st *Haplophyllum hispanicum* Spach
Genista umbellata Poir.
Aristolochia baetica L.
Euphorbia sulcata (DC.) Lens.
st *Beta Bourgaei* Coss.
st *Ballota hirsuta* Bth.
st *Sideritis leucantha* Cav.
Teucrium pseudochamaepitys L.
Lavandula multifida L.
st *Withania frutescens* Pauq.
st *Lycium intricatum* Boiss.
(st) *Andryala ragusina* L.
(st) *Kentrophyllum arborescens* Hook.
Anacyclus valentinus L.
(st) *Senecio linifolius* L.

8. Makroiberische Arten. Unter dieser Bezeichnung fassen wir alle diejenigen Arten zusammen, deren Hauptverbreitungszentrum auf der iberischen Halbinsel liegt, die aber über die Grenzen Spaniens längs der mediterranen, gelegentlich auch längs der atlantischen Küste Frankreichs ausstrahlen, ohne jedoch weder Ligurien noch England oder Belgien zu erreichen; einige finden sich vereinzelt auch in Nordafrika.

In der Litoralsteppe haben wir nur 5 Arten (2,8 %) von diesem Verbreitungstypus vorgefunden, nämlich:

Mercurialis tomentosa L.
Anthyllis cytisoides L. (auch noch auf den Balearen, vereinzelt auf Korsika).
Convolvulus lanuginosus Desr.
Lithospermum fruticosum L., in der Steppe durch die eigentümlich knorrige v. *intricatum* Briq. vertreten.
Phlomis lychnitis L.

9. Entoiberische Arten. Pflanzen, deren Verbreitungsareal innerhalb der iberischen Halbinsel gelegen ist, sich aber hier jeweilen über mehrere klimatische Provinzen erstreckt. Die Gruppe umfasst folgende 7 Arten (3,8 %).

Euphorbia Lagascae Sp. Hisp. mer., cent. als grosse Seltenheit auch noch in Sardinien.
Reseda Gayana Boiss., Hisp. centr., orient., merid.
Thymus zygis L. Lusit. Hisp. merid., centr., orient.
Linaria crassifolia Kze. Arag. Cat. Hisp. orient. et merid., centr.

Centaurea ornata Willk. Arag., Zentral-, Ost-, Südspanien.
Zollikoferia pumila DC. Arag., Navar., Ost-, Südspanien.
Artemisia Barrelieri Boiss. Catal. Ost-, Südspanien.

10. Mikroiberische Arten. Pflanzen von ganz beschränkter Verbreitung innerhalb Spaniens, oft nur von einem oder von wenigen, innerhalb der gleichen Klimaprovinz liegenden Standorten bekannt. Es sind meistens eigentliche Charakterpflanzen der Litoralsteppe, z. T. finden sie sich ausser in der Litoralsteppe auch noch in Granada. Oft schönste Beispiele von Lokalendemismen. Diese Gruppe ist in unserer Liste mit 14 Arten (7,6 %) vertreten.

Pendulina Lagascana (DC.) Wk., Valencia (Villajoyosa, Alicante, Orihuela), Murcia, Granada.

Pendulina intricata Wk., Südvalencia, Murcia, Almeria.

Es sind dies zwei nahverwandte Arten der Willkommschen Gattung Pendulina, welche von vielen Autoren als besonderer Tribus dem Genus Diplotaxis untergeordnet werden. Die nächststehende *D. Harra* (Forsk.) Boiss. ist eine Wüstenpflanze der Sahara, die von Nordafrika bis nach Persien verbreitet ist.

Erucastrum baeticum (Boiss.) Lge. Murcia (Fuensanta, südlich von Lorca) und einige Standorte in Granada.

Guirao arvensis Coss., einzig auf mergelig-gipshaltigem Boden um Murcia, ist ein monotypisches Genus von so eigenartigem Bau, dass dessen systematische Stellung in der Familie der Cruciferen noch nicht abgeklärt ist. Wie Prantl[1]) betont, dürfte Guirao wegen des zweifächerigen vorderen Gliedes der Frucht vielleicht zu den Vellinae zu stellen sein; zurzeit wird die Pflanze gewöhnlich den Brassicinae untergeordnet. Die nächststehenden Genera sind Reboudia mit zwei Arten in Nordafrika bis Arabien verbreitet, das monotypische nordafrikanische Genus Enarthrocarpus mit 6 dem östlichen Mittelmeerbecken und Nordafrika angehörigen Arten.

Reseda leucantha Hegelm. Unter den entoiberischen Arten haben wir die *Reseda Gayana* Boiss. aufgeführt, die *Reseda leucantha* Hegelm. ist mit diesem südspanischen Endemismus nahverwandt, besitzt jedoch noch ein viel kleineres Verbreitungsareal, denn sie ist nur von Südvalencia (Elche, Orihuela) und Murcia bekannt.

Astragalus hispanicus Coss., einzig von zwei entfernten Standorten

---

[1]) Prantl, K. — Cruciferae in: Engler, A. und Prantl, K., Die natürlichen Pflanzenfamilien. III. 2 (1891), pg. 180.

bekannt: Valencia (Alcoy, Villajoyosa) und Granada (Sierra de Jarama), steht dem *Astragalus vesicarius* L. am nächsten, doch ist sie immerhin von dieser vorwiegend osteuropäischen Art spezifisch verschieden.

Genista murcica Coss., ein ephedroider Ginster, wird nur von der Sierra bei Orihuela angegeben.

Statice caesia Gird., nur im südlichen Valencia (Alicante und Orihuela) und an wenigen Stellen in Murcia.

Teucrium Freynii Rev. Südvalencia, Murcia.

Teucrium buxifolium Schreb. Valencia, Murcia und Granada (Almeria, Monte Muela).

Sideritis glauca Cav., höchst eigentümliche Rutenpflanze, wie *Genista murcica* auf die nächste Umgebung von Orihuela (Sierra de Callosa und S. Miguel) lokalisiert.

Thymus longiflorus Boiss., wiederum eine sehr scharf charakterisierte Art. Das stark verzweigte Kleinsträuchlein ist sehr kurz weisslich behaart, hat lineale, am Rande umgerollte, schneeweisse Blätter. Im gedrungen-ährigen Blütenköpfchen sind die Brakteen sehr gross und von auffallend blauvioletter Färbung, so erinnert die Pflanze sehr an *Lavandula stoechas.* Diese Art hat zwei lokalisierte Verbreitungszentren, das eine liegt in Südvalencia, das andere im östlichen Teile von Granada.

Lafuentea rotundifolia Lag. Es ist dies wieder ein Endemismus von ganz besonderem Interesse, handelt es sich doch hier um eine monotypische Scrophulariacee, welche die Tracht einer Labiate hat. Nicht nur die zweilippige Blütenkrone, sondern auch die gegenständigen, rundlich-gekerbten Blätter erinnern an Lippenblütler. Die nächst verwandten Gattungen dieses niederliegenden Halbsträuchleins sind: *Oreosolen* Hook; ein monotypisches Genus des Himalaya; *Campylanthus* Roth. mit 5 Arten, von denen je eine auf den Canaren, den Capverden, in Westafrika, auf Sokotra und in Arabien-Belutschistan auftritt und endlich das Genus *Oursia* mit 19 Arten, die alle der südlichen Hemisphäre der alten und neuen Welt angehören. Die Lafuenta kann somit geradezu als ein klassisches Beispiel für absoluten (alten) Endemismus[1]) gelten.

Galium murcicum Boiss., nur auf einigen Sierren um Murcia und Jaën.

Diese 14 Pflanzen sind somit vollwertige, nicht sogenannte „kleine Arten". Unsere Reise hat uns jedoch nur mit einem kleinen Teil der

[1]) Engler, A., Die Pflanzenformationen und die pflanzengeographische Gliederung der Alpenkette. Notizblatt des Königl. bot. Gartens und Museums zu Berlin. Appendix VII (1901) pg. 83 ff.

Litoralsteppe bekannt gemacht. Nach Willkomm[1]) scheinen 35 Steppenpflanzen überhaupt nur in der Litoralsteppe aufzutreten, sind also für dieses Gebiet bezeichnende Endemismen. Damit ist aber der grosse Reichtum noch nicht erschöpft, denn nicht weniger als 68 Arten sind in Spanien und ganz Europa überhaupt nur aus der Litoralsteppe bekannt, d. h. neben den 35 absoluten Endemismen besitzt dieselbe noch weitere 33 Arten, die ausser in Spanien nur noch in Nordafrika oder im Orient wiederkehren, mithin als relative Endemismen[2]) gelten dürfen.

Wir sind am Schlusse unserer pflanzengeographischen Analyse der Litoralsteppe. Was ist das Ergebnis derselben? Die folgende Tabelle bringt eine übersichtliche Zusammenstellung über die Beteiligung der einzelnen Verbreitungselemente unserer Ausbeute in der Litoralsteppe.

	Verbreitungselemente	%	
I.	Perimediterrane Arten	22,3	
II.	Mediterran-mitteleuropäische Arten	2,8	I = 34,3 %
IV.	Westmediterrane Arten	9,2	
VI.	Iberisch-orientalische Arten	0,6	Orientalische Gruppe II = 31,8 %
III.	Mediterran-orientalische Arten	31,2	
V.	Südmediterrane Arten	6,1	Iberische Gruppe
VII.	Iberisch-mauritanische Arten	13,6	
VIII.	Makroiberische Arten	2,8	III = 33,9 %
IX.	Entoiberische Arten	3,8	
X.	Mikroiberische Arten	7,6	

Diese zehn Verbreitungselemente lassen sich nun in drei Kategorien zusammenfassen. Gruppe I umfasst die perimediterranen, die mediterran-mitteleuropäischen und die westmediterranen Arten in der allerdings stattlichen Zahl von 63 Arten (34,3 %). Doch lassen wir uns durch diese Zahl nicht täuschen, es findet sich darunter keine einzige typische Steppenpflanze. *Atriplex halimus* L., die einzig in

[1]) Lit. No. 36 pg. 213.

[2]) Diese relativen Endemismen sind zum kleineren Teil mediterran-orientalische Arten, die Hauptmenge stellt das südmediterrane, das iberisch-mauritanische und das makroiberische Verbreitungselement.

Frage kommen könnte, ist wohl eher als eine gelegentlich zur Steppenpflanze werdende Strandpflanze aufzufassen. Die Mehrzahl der Arten dieser Gruppe treten in der Steppe nur vereinzelt auf, es sind fast alles Eindringlinge aus den Macchien, Garigues, Felsenheiden oder von den Strandformationen. Durch diese Momente wird die tatsächliche Bedeutung dieser Gruppe sehr herabgesetzt.

Ungleich wichtiger ist die Gruppe II, die wir als die orientalische Gruppe bezeichnen möchten, denn ihr Hauptzentrum liegt entschieden in den grossen Steppen- und Wüstengebieten Vorderasiens. Sie umfasst 59 Arten (31,8 %), die typischen Steppenpflanzen sind mit einem reichlichen Drittel beteiligt. Noch bedeutungsvoller ist aber die III. Gruppe, ihr Entwicklungszentrum liegt in Südspanien und in den gegenüberliegenden Landschaften Nordafrikas. Die Gruppe enthält vorwiegend nur Steppenpflanzen, darunter die häufigsten Charakter- und Leitpflanzen der Litoralsteppe: das Halfagras, *Lygeum spartum* L., *Fagonia cretica* L., *Artemisia herba alba* Asso., *Helianthemum pilosum* Pers., *H. lavandulaefolium* DC., *Lycium intricatum* Boiss., *Thymus zygis* L. etc. Hierher gehören 61 Arten (33,9 %).

Es ergibt sich somit: die Flora der spanischen Litoralsteppe umfasst beinahe ausschliesslich Halophyten, beziehungsweise Xerophyten; der Grundstock besteht aus typischen autochtonen Steppenpflanzen, deren Bildungsherd entweder die Litoralsteppe selbst war oder deren Entwicklungszentrum doch im südlichen Iberien und im benachbarten Mauritanien zu suchen ist. Dieser Grundstock liefert die wichtigsten Leit- und Charakterpflanzen der Litoralsteppe. Das zweite Hauptkontingent wird vom Orient gestellt, es sind wiederum zum grösseren Teil Steppenpflanzen, die von ihrem meist östlichen Verbreitungszentrum, besonders längs den Atlasländern Nordafrikas nach Westen ausstrahlen und in Europa z. T. nur in den Steppengebieten Spaniens auftreten. Andere Arten zeigen wieder eine grössere Expansionskraft und erreichen selbst noch Mittel-, ja ausnahmsweise sogar Nordeuropa. Die eigentlichen Steppengewächse dieser Gruppe sind zum grössten Teil sukkulente Halophyten. Zu den Steppenpflanzen gesellen sich nun noch zahlreiche Pflanzen der Macchie, der Garigue, der Felsenheide und des Strandes. Obwohl an Artenzahl ziemlich bedeutend, so tritt doch dieser Bestandteil in der Litoralsteppe an Individuenzahl meist stark zurück, auch nach ihrer oft kümmerlichen Ausbildung erweisen sich dieselben als fremde Eindringlinge, die in der Litoralsteppe nur ausnahmsweise völlig Boden zu fassen vermögen. — Die Litoralsteppe ist somit nicht nur physiognomisch und biologisch, sondern in noch ausgesprochenerem Grad ein pflanzengeographisch scharf

charakterisiertes Gebiet; das stattliche Kontingent absoluter Endemismen von z. T. recht isolierter, systematischer Stellung,[1] aber auch die kaum geringere Zahl an relativen Endemismen weisen darauf hin, dass die Flora der Litoralsteppe bereits eine lange Geschichte hinter sich haben muss und daher nicht eine relativ junge Bildung sein kann.

II. Das Kulturland.

A. Die Kulturlandschaften.

In dem auf das Jahr 1907 erschienenen Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft in Zürich habe ich unter dem Titel „Kultur- und Naturbilder von der spanischen Riviera" die Kulturlandschaften Cataloniens, Valencias und der Gebiete zwischen Alicante und Murcia geschildert; wir sehen daher hier von einer nochmaligen eingehenden Besprechung ab und begnügen uns mit einer kurzen Zusammenfassung der betreffenden Verhältnisse.

Es sind an der Ostküste Spaniens drei verschiedene Typen von Kulturlandschaften zu unterscheiden:

1. Das Waldkulturland. Beispiel: Nordcatalonien.

Eine Bewässerung des der Bebauung unterworfenen Landes ist meistens nicht notwendig, denn die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt in diesen Gebieten noch 60 bis 90 cm. Bewässerungsanlagen fehlen daher oder sie sind doch nur von lokaler Bedeutung. Das hügelige Bergland ist noch ziemlich reichlich mit Wald bedeckt. Diese Waldungen sind teils Naturwälder, welche aus sommer- und immergrünen Laubhölzern oder auch aus Koniferen bestehen und fast immer ein macchienartiges Unterholz besitzen; teils sind es regelrecht bewirtschaftete, periodisch abgeholzte und dann wieder aufgeforstete „Kunstwälder". Von grösstem Wert für das Land sind zwei forstliche Kulturpflanzen: die Korkeiche (*Quercus suber* L.) als wichtigster Vertreter der Naturwälder und die Weisspappel (*Populus alba* L.), die längs den Flüssen und auf Schwemmlandsböden im grössten Masstab angepflanzt wird. Weitere verbreitete, auf den Hügeln und Bergen Bestände bildende Baumarten sind: die Steineiche (*Quercus ilex* L.), die Flaumeiche (*Quercus lanuginosa* Lam.), die Aleppokiefer (*Pinus halepensis* Mill.) und die Pinie (*Pinus pinea* L.)

Die Niederungen, die Flusstäler und die Küstenzone stehen grösstenteils im Dienste der Landwirtschaft. Es werden verhältnis-

---

[1]) Diese dürfen daher z. T. als Relikten-Endemismen gelten.

mässig nur wenige Kulturpflanzen angebaut, diese aber im Grossbetrieb gehalten. Das Rebland gehört zu den hervorragendsten, die Physiognomie der Landschaft am meisten bestimmenden Kulturformationen. Neben der Weinrebe bedecken unabsehbare Getreidefluren die weiten Fruchtbecken (Figueras, Gerona etc.). In grösserer Entfernung von den Ortschaften überwiegt immer mehr die Ölbaumkultur, die Olivenhaine bilden die wichtigste Erwerbsquelle ganzer Bezirke und da aus einiger Entfernung diese Kulturen einen durchaus waldartigen Eindruck erwecken, so erscheint Catalonien dem Reisenden, ob er nun von Südfrankreich oder gar von Valencia, Aragonien oder Castilien kommt, als ein waldreiches Land.

Gegenüber Weinrebe, Getreide und Ölbaum treten alle anderen Kulturen stark zurück, sie sind zudem auf die nächste Umgebung der Niederlassungen beschränkt. Fast jede Ortschaft ist umgeben von einem kleinen Obstgarten, in dem Mandelbaum, Feige und Pfirsich nie fehlen. Begünstigt ist ganz besonders die Küstenzone, an der, südlich von Mataro, der Anbau von Orangenbäumen im Grossbetrieb beginnt, zugleich treten die ersten Dattelpalmen auf und auch der Johannisbrotbaum findet sich im Küstenstrich Cataloniens. Doch besitzen diese drei Gewächse hier noch keine grössere wirtschaftliche Bedeutung. Von Futterpflanzen haben wir wiederholt Blutklee (*Trifolium incarnatum* L.) und Lupinen (*Lupinus albus* L.) angetroffen.

2. Die Huerta oder Gartenlandschaft ist der Typus der intensivsten Bodenbebauung, sie ist bezeichnend für das südliche Ostspanien und für Südspanien. Beispiele sind: die Huertas von Valencia und Murcia, die Vega von Granada. Die äusserst fruchtbaren Kulturlandschaften mit ihrer grossen Üppigkeit und ihrer dichten Bevölkerung stehen im grössten Gegensatz zu den sie umgebenden, vollständig kahlen, unproduktiven und z. T. fast menschenleeren Sierren und Steppenländern. Schwemmlandböden von feinster, sandig-mergeliger Beschaffenheit und systematische Bewässerung sind die beiden durchaus notwendigen Vorbedingungen der Anlage einer Huerta, denn die mittlere jährliche Niederschlagsmenge ist durchaus ungenügend, schwankt sie doch zwischen 30 und 55 cm. Die hohe mittlere Jahrestemperatur von 17 bis 18° C, ganz besonders aber die milden Winter (mittlere Wintertemperatur 10 bis 12° C) und, was für die Pflanzenwelt noch entscheidender ist, die seltenen und verhältnismässig nicht sehr tiefen Minima (— 3 bis — 5,5° C) gestatten die Anpflanzung vieler südlicher Kulturgewächse.

In der Huerta überwiegen immer Obst- und Gemüsebau. Die gleichzeitige Bestellung des Bodens mit mehreren Kulturpflanzen und



Nach käufl. Postkarte.

Fig. 19. Wasserrad an der Segura bei Murcia.
(pag. 133).



Phot.: P. Bohny.

Fig. 20. Erdwohnungen auf der nördlichen Abdachung der Sierra Nevada.
Plateaurand des Barranco de Gor (pag. 77).



der beständige Wechsel der Feldfrüchte bedingen ein Durch- und Nebeneinander der verschiedensten Kulturen. In Europa gibt es wohl keine intensiver betriebene Polykultur als die Huerta.

Die beiden grössten Huertas Ostspaniens zeigen immerhin ein ziemlich abweichendes Bild.

a) Die Huerta von Valencia erstreckt sich ohne Unterbrechung längs der Küste von der Gegend von Castellon de la Plana bis nach Denia, d. h. über eine Entfernung von reichlich 150 km, bei einer wechselnden Breite von 2 bis 25 km; sie umfasst ca. 140 000 ha bewässertes Kulturland (Campo regadio). Grosse Flächen sind mit unabsehbaren Orangenkulturen, welche viele Quadratkilometer bedecken, bestanden; so besonders um Castellon de la Plana, um Nules und Valencia. Aus den wie ein üppig grüner Wald erscheinenden Orangenpflanzungen erheben sich hin und wieder eine schlanke Dattelpalme, die schirmförmige Krone einiger Pinien oder die dunklen, düsteren Gestalten der Säulencypressen. Die Obstbauzucht erstreckt sich ferner auf den Anbau des Pfirsichbaums, des Feigen- und Granatapfelbaums; aber auch Apfel- und Birnbaum sieht man öfters in grösserem Masstab angepflanzt, dann ganz besonders der Maulbeerbaum, denn Valencia ist der Sitz eines blühenden Rohseidenhandels.

Im Gemüsebau überwiegt die Kultur der Saubohne, weniger häufig scheinen die Artischoken angepflanzt zu werden, wichtiger sind dagegen die Tomaten, besonders im Süden der Huerta, in der Umgebung von Gandia und Oliva. Häufig, aber doch selten grössere Flächen in Anspruch nehmend, werden Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.), Gemüseplatterbsen (*Lathyrus sativus* L.), spanischer Pfeffer (*Capsicum amuum* L. v. *dulce*), ferner Lauch und Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.) gehalten. Eine Spezialität betreibt das Städtchen Benaguacil, nordwestlich von Valencia, es ist der Anbau einer ungewöhnlich grossen Rasse von Zwiebeln (Cebolas = *Allium cepa* L. v. *maxima* Griseb. = *C. hispanica* Park). Erwähnenswert sind endlich noch die Eierpflanze (*Solanum Melongena* L.), Melonen (*Cucumis melo* L.) und Wassermelonen (*Citrullus vulgaris* Schrad.).

Der Getreidebau tritt zurück; es werden hauptsächlich Gerste und Hafer, letzterer als Nahrung für Pferd und Maultier, und auch etwas Mais gehalten. Im Süden von Valencia, an der Albufera, an den Ufern des Rio Jucar und an dessen Nebenfluss Albaida ist der Hauptsitz des spanischen Reisbaues, derselbe erstreckt sich südlich bis über Jativa, auch um Tabernes, Gandia, Oliva haben wir noch einzelne Reisfelder beobachtet, ebenso nördlich von Valencia um Puig Pazol

und bei Sagunt, jedoch hier immer nur in kleinen Parzellen. In der Provinz Valencia sind im ganzen ca. 24000 ha dem Reisbau unterworfen, es entspricht dies ungefähr 86% der gesamten spanischen Reiskultur.

Der Viehzucht dient der Anbau von Luzerne und Esparsette und unter den Gespinstpflanzen treffen wir den Hanf und die Agave, letztere wird in grossen Mengen zu Agavefasern verarbeitet.

Endlich soll noch einiger Kulturpflanzen gedacht werden, die nur lokal von Bedeutung sind; Gewächse, die z. T. in Europa überhaupt nur in dieser Huerta angepflanzt werden. Es sind: die Erdnuss (*Arachis hypogaea* L.), eine subtropische Kulturpflanze; sie wird besonders im Süden von Valencia, um Benifayo, Algemesi und bei Barcheta (südlich von Jativa) kultiviert. Dann die Erdmandel (*Cyperus esculentus* L.), deren essbare Knollen im trockenen Zustand sehr an Morcheln erinnern; dieselben werden schon seit der Maurenzeit, besonders um Alboraya und Almacera, 4 bis 6 km nördlich von der Hauptstadt angebaut, und endlich sei auch noch die um Gandia im grossem Masstab betriebene Erdbeerzucht erwähnt. Die Erdbeere wird hier felderweise angepflanzt.

b) Die Huerta von Murcia. Obwohl ebenfalls von sprichwörtlicher Fruchtbarkeit, besitzt dieselbe jedoch lange nicht eine so grosse Mannigfaltigkeit an Feldfrüchten, wie diejenige Valencias. Die Huerta von Murcia ist auch bedeutend kleiner, indem sie sich mit der im Osten sich unmittelbar anschliessenden Huerta von Orihuela nur über etwa 35 km Länge bei einer mittleren Breite von 5 bis 7 km erstreckt Die bewässerte Huerta von Murcia und Orihuela umfasst nur ca. 33000 ha ist also kaum ein Viertel so gross wie diejenige von Valencia.

Der Getreidebau beansprucht unter den Feldfrüchten der Huerta von Murcia-Orihuela die führende Rolle. Die Hauptfrucht ist der Weizen und zwar hauptsächlich der englische Weizen (*Triticum turgidum* L.). Die gewaltigen Weizenfelder werden jährlich wenigstens zweimal unter Wasser gesetzt, zuerst vor der Aussaat des Kornes und dann wieder zur Blütezeit. Neben Weizen spielt auch der Mais eine nicht unbedeutende Rolle. Als zweitwichtigste Nutzpflanze stocken auf dem Getreideland zahlreiche Maulbeerbäume, denn die Seidenraupenzucht gehört zu den wichtigsten Erwerbsquellen der Murcianer. Im ersten Frühjahrsschmuck, zur Zeit wo die jungen, grünen Saatfelder unter den frisch belaubten Maulbeerpflanzungen prangen, gleicht die Landschaft einem grossen Parke oder einem gewaltigen Obstgarten. Von Gemüsen sieht man in grossen Mengen Saubohnen, die sog. Garbazanos oder Kichererbsen angepflanzt, Salat und Kartoffeln fehlen auch nicht, unbedeutend ist dagegen der Anbau

von Artischoken. Die Kultur von Südfrüchten: Orangen, Citronen, Mandarinen tritt stark zurück, denn der gefürchtete „Solano“ wird ganz besonders diesen Kulturen verderblich. Wie um Valencia findet sich um Murcia die Dattelpalme nur ganz vereinzelt, seltener auch gruppenweise. Es fehlt die Erdnuss- und Erdmandelkultur; der Reisbau ist sehr unbedeutend (nur ca. 470 ha), dagegen werden Bataten (*Ipomoea batatas* Poir.) gezogen und die grosse Trockenheit ermöglichte einst, auf *Opuntia Ficus indica*, sogar die Zucht und Akklimatisation der Cochenilleschildlaus; doch scheint diese Erwerbsquelle nun wieder aufgegeben zu sein; trotz Nachfrage konnten wir auf unseren beiden Reisen keine Cochenillezucht ausfindig machen. Von Gespinstpflanzen sind Flachs und Hanf erwähnenswert.

Für jede Huerta ist bezeichnend, dass sich an die Regadio, d. h. an das bewässerte Kulturland die Secano oder das unbewässerte Kulturland anschliesst. *Olea europaea* L. und *Ceratonia siliqua* L. sind für diese Zone charakteristisch; so wird jede Huerta an ihrer Peripherie von einem mehr oder weniger mächtigen Gürtel von Ölbaum- und Johannisbrothainen umgeben. Übrigens gibt es eine Reihe von Kulturpflanzen, die je nach Lage bald der Secano, bald der Regadio zuzuzählen sind. Im südlichen Teil von Katalonien und im nördlichen Teil von Valencia wird gewöhnlich weder das Getreide, noch die Hülsenfrüchtler, noch der Weinstock bewässert, im trockeneren Süden Valencias und in den Provinzen Alicante und Murcia gehören dagegen auch diese Kulturpflanzen meistens zum Regadio.

3. Die Palmenoase. Die bedeutendste Palmenoase, diejenige von Elche (Tafel III Fig. 5, Tafel VI Fig. 10) habe ich im Neujahrsblatt (25) pg. 33 bis 37 geschildert; grössere Palmenoasen besitzen auch noch Cartagena, Callosa, Orihuela etc. Wie die Huerta, so werden auch die Dattelpalmenoasen regelmässig bewässert. Gegenüber der Gartenlandschaft unterscheiden sie sich wesentlich durch ihren bedeutend kleineren Umfang, durch den fast unvermittelten Übergang zu den sie umgebenden Steppengebieten und durch die viel geringere Zahl der in ihr angepflanzten Kulturgewächse. Neben dem Granatapfelbaum (*Punica granatum* L.), der stellenweise im Palmenwald Unterholz bildet, kommt nur noch der Getreidebau in Betracht, es wird in Elche hauptsächlich die vierzeilige Gerste (*Triticum vulgare* L. v. *tetrastychon*) angepflanzt. Alle anderen Kulturgewächse sind dagegen von recht untergeordneter Bedeutung und dienen in der Hauptsache nur den Bedürfnissen der Bevölkerung. Neben den bekannten Gemüsepflanzungen (Saubohnen, Artischoken) sahen wir in Elche eine kleinere Parzelle mit Süssholz (*Glycyrhiza glabra* L.) besetzt. Obwohl in den Palmenoasen der

Litoralsteppe die Datteln vollständig ausreifen, so liefern doch nicht die Früchte, sondern die Palmwedel die Hauptnutzung der Dattelpalmen (Textfigur 11).

B. Die Bewässerungsanlagen.

Der wertvollste Teil jeder Huerta ist das Regadio. Wer aus der Steppe in eine Palmenoase kommt, wird von deren Üppigkeit und Fruchtbarkeit überrascht sein, — Huerta und Palmenoase verdanken einzig der Bewässerung ihren hohen wirtschaftlichen Wert. Werfen wir daher noch einen Blick auf die verschiedenen Systeme von Bewässerungsanlagen. Wir unterscheiden:

1. Stauwerke. Es sind dies die Bewässerungsanlagen erster Ordnung, denen in erster Linie die intensive Kultur von Südvalencia, Alicante und Murcia zu verdanken ist. Die ältesten dieser gewaltigen Unternehmungen sind wohl bis auf die Zeit Roms zurückzuführen, doch gebührt den Arabern das grosse Verdienst, diese hohe Kulturarbeit durch zielbewussten Ausbau, durch treffliche Sachkenntnis unter Benützung der gegebenen Nivellierungsverhältnisse mächtig gefördert und dadurch den Wohlstand dieser Teile Spaniens sehr gehoben zu haben. Bei all' diesen Bewässerungsanlagen wird im Gebirge, durch eine gewaltige Mauer, ein Flusstal abgesperrt und so ein Stausee, ein sogen. Pantanos oder Sammelteich, geschaffen. Mit mächtigen Quadern ausgemauerte oder in Cement und Beton ausgeführte Kanäle führen das Segen spendende Wasser, oft viele Kilometer weit, zur Huerta (Tafel X Fig. 16). Seltener wird das Wasser in undurchlässigem Lehmboden einfach durch mit der Hacke ausgeworfene Gräben geleitet. In allen Fällen verzweigen sich die Kanäle mehr und mehr, um schliesslich in gesetzlich geregelter Weise jeder einzelnen Parzelle zugeführt zu werden. Südlich vom Ebrotal ist an der Mediterranküste Spaniens jeder grössere Fluss in dieser Weise der Kulturarbeit des Menschen dienstbar gemacht worden. Nicht nur die erste Anlage dieser Stauwerke, auch deren Unterhalt verschlingt jährlich grosse Summen. Es sind gewissermassen Nationalwerke, die bald auf Kosten grosser Städte oder ganzer Bezirke und Provinzen ausgeführt wurden, auch mehrere spanische Könige, ja selbst Klöster und hohe geistliche Würdenträger haben sich um den Ausbau dieser Lebensadern der Ostküste Spaniens verdient gemacht. Die „Pias fundaciones", d. h. die sog. frommen Stiftungen zwischen Elche und Orihuela sind das Werk des Kardinal Belluga. Der Sammelteich der Castalla kann eine Wassermenge von 3,7 Millionen Raummeter Wasser

sammeln, welche die Huerta von Alicante berieselt. Dieses Werk wurde in den Jahren 1579—1594 von Juan de Herrera, dem Erbauer des Escorial ausgeführt. Die grossartigen Bewässerungsanlagen im südlichen Teil der Huerta von Valencia stammen zum grössten Teil aus sehr alter Zeit. Eine der jüngeren Anlagen ist die „Acequia del Rey“. Ein Denkstein trägt folgende Inschrift: „Debo mi principio al Rey D. Jaime (Jakob I. von Aragonien, 1213—1276) al justo D. Martin (Martin I., 1395—1414), mi privilegio y la gloria de verme concluida al monarca mayor Carlos tercero“ (Karl III. 1759—1788). So arbeiteten öfters Jahrhunderte am Ausbau dieser Kanalsysteme. Zu den grossartigsten Sammelteichen gehören die beiden Puentes von Lorca. Sie wurden unter Karl III. 1785 begonnen und bereits 1791 beendigt. Die Kosten beliefen sich auf 2 Millionen Pesetas, für jene Zeit eine bedeutende Summe; die beiden Behälter konnten zusammen 54 Mill. Raummeter Wasser fassen. Der Mauerdamm des Pantano von Lorca hatte eine Länge von 282 m und eine Höhe von 50 m. An der Basis war die Mauer 46 m und am oberen Ende noch 10,89 m dick. Dass solche gewaltige Stauwerke bei ungenügender Kontrolle und Unterhaltung auch eine grosse Gefahr werden können, liegt auf der Hand. Die Pantano von Lorca bewährte sich nur 11 Jahre. Am 30. April 1802 durchbrach sie, die gewaltige Wassermasse brachte über Lorca und deren Huerta schreckliche Verheerungen. 608 Personen verloren das Leben und der Schaden und Verlust an Eigentum wurde auf über 5 Millionen Pesetas geschätzt.

2. Schöpfwerke. Es sind lokale Bewässerungsanlagen, die das Wasser bald Flüssen und Kanälen, bald dem Grundwasser oder den zur Regenzeit in Brunnschachten angesammelten Wasservorräten entnehmen.

Wir unterscheiden zwei Typen:

a) Das Wasserrad (Tafel XII Fig. 19) kann nur an Flüssen und Kanälen verwendet werden, denn das fliessende Wasser liefert die motorische Kraft, welche das Rad in Bewegung setzt und so die gefüllten Behälter in die Höhe hebt. Beim weiteren Umdrehen des Rades wird das gehobene Wasser in eine Rinne gegossen, um dann dem Kulturland zugeleitet zu werden. Solche Wasserräder sind nicht häufig, wir sahen sie an der Segura bei Murcia.

b) Die Noria, es sind Schöpfbrunnen arabischen Ursprungs, wie sie in den südlichen Teilen des Landes überall angetroffen werden. Das Wasser wird aus der Tiefe eines Brunnschachtes in die Höhe gehoben, indem ein Esel oder Maultier an den Balken des Hebewerkes gebunden beständig im Kreise herumgeht (Tafel X Fig. 15). Mit diesem

Wasser kann ein kleines Stück Land, das um so grösser sein wird, je reichlicher der Wasservorrat und je öfters die Noria in Betrieb gesetzt werden kann, bewässert werden. Öfters sieht man mitten in der Steppe ein einsames Häuschen, ein sog. Caserio oder Einzelhof, umgeben von einigen schlanken Dattelpalmen. In deren nächster Umgebung sind einige Getreideäckerchen und etwas Gemüseland; vielleicht findet sich auch noch ein kleines Obstgärtchen, in dem Feige, Granatapfel und Mandel ganz ordentlich gedeihen. Jede dieser kleinsten Kulturinselchen verdankt ihre Existenz einer Noria (Tafel VIII Fig. 13). Aber auch innerhalb der Huertas bemerkt man zuweilen noch viele Schöpfbrunnen, ihr Wasser ist eine wertvolle Bereicherung der aus dem nächsten Kanal bezogenen Wassermenge. Zuweilen wird das Wasser der Noria zuerst in ein Sammelbecken geleitet, um erst von hier aus den Kulturen zugeführt zu werden, doch sind solche Anlagen nicht häufig. Unsere Tafel IX zeigt eine Noria mit Sammelbecken der Huerta von Soller auf Mallorca.

3. Sickerwerke. Westlich von Lorca, gegen Empalme und Baza ist das Land ausserordentlich trocken und dürr und die Bevölkerungsdichte so dünn, dass sich grössere, kostspielige Bewässerungsanlagen nicht wohl ausführen lassen. Von Kulturpflanzen wird beinahe nur noch Getreide angetroffen. In diesem Gebiet sind nun die Felder von niederen, halb- bis fusshohen Dämmen aus mergelig-lehmiger, undurchlässiger Erde umzogen. Auf diese Weise wird dafür gesorgt, dass die während der Regenzeit gefallenen Niederschläge nicht sofort abfliessen, sondern allmählich in den Boden sickern und denselben gehörig durchfeuchten. Das einer bestimmten Flächeneinheit zukommende Wasser wird dadurch dieser erhalten. Ohne diese Umfassungsdämmchen wäre dies nicht möglich, denn der Boden ist nach der langen Trockenperiode steinhart, so dass das Wasser zuerst einige Zeit liegen muss, bis es einsickern kann. Die so dem Boden zugeführte Feuchtigkeit genügt gerade, um dem während der Regenzeit ausgesäten Korn seinen normalen Entwicklungsgang zu ermöglichen. Schon Ende April oder Anfang Mai ist dasselbe schnittreif. Das ausgereifte Getreide steht natürlich sehr dünn und ist selten mehr als zwei bis drei Fuss hoch. Das Ausbleiben der Regenzeit oder auch nur ungenügende Niederschläge bedeuten eine völlige Missernte und Hungersnot, wie sie leider in jenen Landesgegenden hin und wieder vorkommen. Nach der Ernte bleiben die Felder, während der nun eigentlich erst beginnenden eigentlichen Trockenzeit, brach liegen; über den weiten Stoppelfeldern erhitzt sich die Luft und nicht gerade selten soll dann die Erscheinung der Fata morgana sein.

Neben Stau-, Schöpf- und Sickerwerken gibt es endlich in Südostspanien noch andere Kulturmöglichkeiten, wo der Mensch ohne seine vorbereitende Tätigkeit günstige Bedingungen zur Bebauung des Bodens vorfindet; leider sind solche Standortsverhältnisse nicht häufig und immer nur von lokaler Bedeutung, es sind einerseits die Überschwemmungszonen von Flusstälern und anderseits die kleineren muldenförmigen Depressionen, wie sie sich zuweilen sogar auf den verkarsteten Hochflächen finden.

4. Überschwemmungsgebiet der Flusstäler. Viele Flüsse der spanischen Mittelmeerküste führen wenig Steine, sondern nur einen feinen Schlamm, der öfters eine chokoladebraune Färbung besitzt und sich zur Hochwasserzeit auf das umgebende Land absetzt, dasselbe zugleich düngt und durchfeuchtet. Auf unserer Reise nach Baza hatten wir Huercal Overa bereits hinter uns. Aus der Grassteppe waren wir in die Salzsteppe gekommen, — die Umgebung von Zurgena trug sogar mehr Wüsten- als Steppencharakter, — ein Stück Afrika auf europäischem Boden. Da nähert sich die Bahnlinie bei Almanzora dem Plateaurand. In der Tiefe verläuft ein Fluss, seine Ufer begleiten Pappelwäldchen, Oleander- und Tamarixgebüsche. Das ebene, schmale Land längs der Überschwemmungszone prangt im Schmuck grüner Saatfelder und die trockeneren Gehänge sind mit Olivenhainen bedeckt. Doch wie ein Phantom zieht dieses Bild rasch an uns vorüber, und bald umgeben uns wieder ausgedehnte Wüstensteppen.

5. Muldenförmige Depressionen. Im Gebiet der Litoralsteppe zwischen Huercal Overa und Guadix werden die kleinen muldenförmigen Vertiefungen überall angebaut. Diese Depressionen sind nach drei Richtungen bevorzugt. Es wirken hier zusammen: die grössere Feuchtigkeit dieser Depressionen, der Windschutz und die Ansammlung feiner äolisch abgelagerter Steppenerde. Oft weit entfernt von jeder menschlichen Ansiedelung findet sich in einer solchen kesselförmigen Vertiefung zuweilen nur ein einziges Getreideäckerchen oder es beherbergt die Mulde einige Öl-, Feigen- oder Granatapfelbäume. Es ist geradezu bewunderungswürdig, mit welcher Ausdauer die Bevölkerung jede Kulturmöglichkeit förmlich wittert und gleich von dem auch nur einigermassen geeigneten Boden Besitz ergreift. Selbst kleine, nur wenige Quadratmeter umfassende Trichter der verkarsteten Hochfläche werden nicht verschmäht.

III. Die Urbarmachung des Naturlandes.

Unsere Exkursionen in die Steppengebiete der Provinzen Valencia und Murcia brachten uns so recht zum Bewusstsein, wie sehr seit

Rossmäslers und Willkomms Zeiten, d. h. seit Mitte des 19. Jahrhunderts das Gebiet der Steppe an Areal eingebüsst hat. Von unseren Standquartieren ausgehend, mussten wir öfters stundenweit durch Kulturland ziehen, bis es uns gelang, noch dürftige Reste der Litoralsteppe aufzufinden. Die Aufenthalte in Alicante, Elche, Orihuela, Cartagena, Murcia galten alle dem Studium der Steppe und doch sind wir wiederholt ausgezogen und wieder zurückgekehrt, ohne typische Steppen angetroffen zu haben. „Auf in die Steppe", war täglich unser Losungswort, bis wir uns überzeugen mussten, dass es in diesen Gebieten eine zusammenhängende, grosse Steppe kaum mehr gibt, und dass nur noch von mehr oder weniger grossen Steppeninseln gesprochen werden kann. Erst südwestlich von Lorca beginnt heute das zusammenhängende Steppenareal, das Gebiet, wo die Steppe überwiegt und das Kulturland nur noch streifen- oder inselartig aufzutreten vermag. In dem Dreieck Alicante-Cartagena-Murcia halten sich dagegen gegenwärtig Steppen und Kulturen das Gleichgewicht oder es überwiegen die letzteren. Dieses Land steht noch mitten in einem kulturhistorischen Prozess von grösster Bedeutung: der Urbarmachung der Steppengebiete, ein Prozess, der allerdings seit Jahrhunderten hin- und hertobt und in dem bald der Steppe Gebiete entrissen werden, bald von ihr wieder Neueroberungen zu verzeichnen sind. Von Natur ist das Land Steppengebiet. Nur bei andauernder intensivster Einwirkung des Menschen kann das Kulturland sich behaupten. Jede grössere politische Umwälzung, welche in ihren Folgen störend auf diese Kulturarbeit einwirken musste, jede zeitweise Vernachlässigung der Stauwerke und Kanäle wirkte sofort auf den momentanen Gleichgewichtszustand zwischen Kultur- und Naturland ein und brachte der zurückgedrängten Steppe erneuten Zuwachs. Öfters wurde während Jahrhunderten der Unterhalt der Kanäle unterlassen, alle Neuanlagen unterblieben, ja noch mehr, einzelne Kanäle brachen durch, so entstanden stellenweise fiebergebärende Sümpfe; anderen Länderstrichen fehlte wiederum die nötige Feuchtigkeit, sie nahmen daher neuerdings mehr und mehr Steppen-, ja Wüstencharakter an.

Kann man sich einen grösseren Gegensatz denken als Wüstensteppe und Huerta? In dem verhältnismässig eng begrenzten Gebiet der Küstenzone von Alicante und Murcia wechseln jedoch diese beiden grundverschiedenen Landschaftstypen wiederholt und dies einzig kraft des Zwanges, den der Mensch hier der Natur auferlegt hat; eines Zwanges, der so einschneidend ist, dass ein Nachlassen der Machtmittel der Kultur sich sofort geltend machen muss, so dass dann die Naturkräfte wiederum neue Stosskraft erhalten. Das Land befindet

sich so gewissermassen in einem labilen Gleichgewichtszustand, dies ermöglicht auch heute noch den Entwicklungsprozess der Urbarmachung des Landes wenigstens in den Hauptzügen zu erkennen, denn in einzelnen Etappen und an den Aussenposten ist unter diesen Umständen der Prozess auch heute noch in vollem Gang.



Phot. P. Bohny.

Fig. 11. Madrid. Verkauf von Palmwedel von Elche am Palmsonntag 1906 (pag. 131/132).

Es lässt sich folgendes Schema aufstellen:

A. Ursprüngliches Naturland: Litoralsteppe (Tafel IV Fig. 7 und Tafel V, VII) vom Typus der Wüstensteppen, entweder

Salzsteppen oder Löss-, Gruss- und Felssteppen, mit Halfa, Lygeum, Salicornien, Artemisien, Thymian, etc. als Leitpflanzen.

Urbarmachung und Umwandlung desselben in:

B. Kulturland.

Diese Kulturarbeit erfolgt in folgenden Etappen:

I. Einzelkultur, meist ohne Bewässerung (campos secanos. Tafel IV Fig. 8).

1. Olivenhaine, dieselben werden gelegentlich vertreten durch Johannisbrotkulturen (Algarroba) [als Pferdefutter], so besonders im südlichen Catalonien und in Valencia.
2. Getreidebau, nur Wintergetreide und ohne Bewässerung, im Süden nur dürftig gedeihend (Tafel IV Fig. 8).
3. Rebenkulturen. Export von frischen Trauben, Rosinen (Denia, Almeria etc.) oder Wein (Alicante, Malaga).

(1.–3.: Bilden auch vielfach in den Randgebieten der Huertas die Haupt- oder sogar einzigen Kulturen derselben.)

(2.–3.: Im Süden auch öfters zeitweise bewässert und nur dann noch gute Ernten gebend.)

II. Polykultur. Gartenlandschaft oder Huerta, zunächst immer nur von Oasencharakter, — dies gilt besonders für die Dattelpalmenkultur. Das Land wird stets regelmässig bewässert (campos regadios).

1. Obstbau: Feigen, Pfirsiche, Mandeln, Aprikosen, Maulbeeren, Granatapfel, Äpfel, Birnen, Erdbeeren (Gandia). — Erdnuss (Valencia).
2. Gemüsebau: Saubohnen, Kichern, Tomaten, Artischoken, Lauch, Knoblauch, Zwiebeln, Gemüseplatterbse, Buschbohnen, Pferdebohnen, Eierpflanze, Gurken, Melonen, Kürbisse, Wassermelonen; — Bataten (nur in Murcia), — Süssholz (Elche), — Erdmandel (Valencia).
3. Futterbau: Luzerne, Esparsette, Hafer, Lupinen, — Maulbeer (Seidenraupenzucht).
4. Gespinstpflanzen: Hanf, Flachs, Agave behufs Gewinnung der Agavefasern. (In den Steppengebieten des Espartograses [Halfa] für Papierfabrikation und Flechtereiarbeiten.)
5. Getreidebau: Reisbau, in grösserem Masstab beinahe nur in Valencia betrieben, und Weizenkultur mit *Triticum turgidum* als Hauptgetreide. Zentrum dieser Kultur in der Huerta von Murcia; Gerste (Elche). Untergeordnet ist der Anbau von Mais.
6. Orangenkultur (einschliesslich Citronen und andere Südfrüchte) um Castellon de la Plana, Nules, Valencia und auch stellenweise in der Huerta von Alicante und Murcia besonders intensiv betrieben.

7. Dattelkultur (Tafel III und VI), nur im Süden zwischen Alicante-Cartagena-Orihuela. Das Massenzentrum dieser Kultur liegt in Elche. Als Unterholz wird der Granatapfelbaum angepflanzt und als weitere Frucht fast ausschliesslich Gerste (*Triticum vulgare* v. *tetrastychon*) angebaut.

Anhang.

Zur Organisation akademischer Studienreisen.

Wiederholte Anfragen veranlassen mich, hier noch einiges über unsere Erfahrungen bei der Organisation akademischer Studienreisen mitzuteilen. Von grösster Wichtigkeit ist die Vorbereitung, welche allerdings ein grosses Stück Arbeit erfordert, gilt es doch zunächst das Reiseprogramm zu entwerfen sowie sich über die Verbindungsmöglichkeiten und Unterkunftsverhältnisse zu orientieren. Zuverlässige Angaben zu erhalten ist oft recht schwierig, besonders bei den nicht selten rasch wechselnden Schiffs- und Postverbindungen. Gleichzeitig mit dem Entwurf des Reiseprogramms muss auch, und zwar möglichst sorgfältig, der Kostenvoranschlag ausgearbeitet werden. Um die Mittel der Studierenden nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen und um so einer grösseren Zahl derselben zu ermöglichen, sich an diesen Studienreisen zu beteiligen, wird man bestrebt sein, das Reisebudget innerhalb bestimmter Grenzen zu halten, doch darf weder Verpflegung noch die Annehmlichkeit des Reisens darunter leiden. Der Betrag soll jedenfalls so festgesetzt werden, dass eine Überschreitung desselben nicht wahrscheinlich ist. Eine Hauptausgabe erfordern die Transportkosten, doch gewähren die französischen und spanischen Bahngesellschaften für solche Studienreisen ganz besondere Vergünstigungen, sei es auf direkte schriftliche Anfrage, sei es durch Vermittelung von Konsulen. So erhielten wir gegenüber den gewöhnlichen Fahrpreisen auf den französischen 50 %, auf den spanischen Bahnen 20 bis 50 % Rabatt und die Compañia Mallorquina de Vapores gewährte uns eine Preisermässigung von 25 %. Auch mit den Hotels wird man, wo immer möglich, mit Vorteil vorher über die Preise unterhandeln. Kommt eine Gesellschaft von 20 bis 30 Mann abends unangemeldet an, so ist es oft schwierig, genügend Unterkunft zu finden und die Hotelleitung wird, die Zwangslage benützend, hohe Forderungen machen. Meldet man sich jedoch schon einige Wochen vorher schriftlich an, so wird man mit Leichtigkeit Preise zugesichert erhalten, die 20 bis 30 % unter den gewöhnlichen Ansätzen stehen. Es kann aber auch vorkommen, dass man seinen Reiseplan ändern muss und genötigt wird, irgendwo zu übernachten, wo man nicht angemeldet ist. In diesem Fall ist es am zweckmässigsten, mit bezahlter Antwort telegraphisch einen mittleren Preis anzubieten. Das Angebot wird fast immer angenommen.

Die billigsten Reisen hat Prof. Chodat ausgeführt:

Reise	nach	Korsika (1899)	21 Tage = frcs. 150,	pro	Tag	frcs.	7,50.
"	"	Mallorca (1903)	30 " = " 200,	"	"	"	6,65.
"	"	Barcelona-Cartagena (1905)	22 " = " 250,	"	"	"	11,40.

Auf unserer vierwöchentlichen Reise (1906) betrugen die allgemeinen Reisekosten per Teilnehmer frcs. 430 oder frcs. 14,90 pro Tag, wobei jedoch bemerkt werden muss, dass wir fast immer zweiter Klasse reisten und, was noch mehr ins Gewicht fällt, viel grössere Entfernungen zurückgelegt haben. In diesem Betrag sind inbegriffen: die vorbereitenden Auslagen, alle Reisekosten (mit Einschränkung

in Bezug auf das Gepäck), die Hotelrechnungen. Handgelder. Führer; wir haben ferner daraus bestritten den Besuch von Theatern, Stiergefechten etc. Dagegen soll als strenge Regel gelten, dass im Hôtel alles persönlich Bestellte sofort bezahlt werden muss; denn sonst kann die Hotelleitung auf die Rechnung setzen, was sie will, eine Kontrolle wäre einfach unmöglich und das ganze Reisebudget würde dadurch in Frage gestellt.

Nur wenig ungünstiger stellen sich die Reisen der technischen Hochschule in München, wobei jedoch hervorzuheben ist, dass die Gesellschaft immer in der dritten Klasse reiste.

1. Reise an die Riviera (1904) 10 Tage = Mk. 120 = frcs. 150 = pro Tag frcs. 15.–.
2. Reise nach Algier (1906) 14 „ = „ 180 = „ 225 = „ „ „ 16.10.

Verhältnismässig am teuersten stellen sich die Reisen der Franzosen, obwohl denselben die gleichen Fahrvergünstigungen zuteil wurden: es erklärt sich dies aus dem grossen Freiheitsbedürfnis derselben. Jeder Teilnehmer sorgt für seinen eigenen Unterhalt. Der Nachteil ist ein doppelter, es ergeben sich daraus nicht nur bedeutend grössere Reisekosten, sondern naturgemäss auch ein erheblicher Verlust der kostbaren Zeit.

Balearenreise vom Jahr 1905. 14 Tage; ab Paris frs. 200, wobei sogar ein Aufenthalt von 4 Tagen in Banyuls-sur-Mer, der keine Reise-, sondern nur Verpflegungskosten erforderte, gemacht wurde. Kosten pro Tag frs. 14.30, also mehr als das Doppelte der Reisekosten von Chodat (1903).

Nordafrikareise vom Jahre 1906. 17 Tage: ab Zürich frs. 340, pro Tag frs. 20.—.

Von grösster Wichtigkeit ist, dass der Exkursionsleiter mit amtlichen Empfehlungsschreiben versehen ist und zwar einerseits zu Handen der Zoll-, anderseits an die höheren Zivilbehörden. Das mitgeführte Pflanzenpapier, die Sammelgläser, die Konservierungsflüssigkeiten (Alkohol, Formol etc.), die Pflanzenpressen, die verschiedenen Instrumente oder gar wenn die Gesellschaft noch Zelte und Reiseproviant mit sich führt, das alles erregt am Zoll natürlich grosses Aufsehen und veranlasst das den Dienst versehende Personal, seine Aufgabe ganz besonders gründlich vorzunehmen. Schreiben von Konsulen oder von der Gesandtschaft des betreffenden Landes werden entweder eine vollständige Befreiung von der Zollrevision bewirken oder doch den Zollvorstand veranlassen, nur stichprobeweise einige Gepäckstücke öffnen zu lassen. Die Empfehlungsschreiben an die Zollämter geben über die Teilnehmerzahl und über den wissenschaftlichen Zweck der Reisegesellschaft Aufschluss. Das persönliche Gepäck muss auf das allernotwendigste beschränkt werden, der einzelne Teilnehmer sollte mit einem Rucksack oder doch mit einem kleinen Handköfferchen, das im Notfall selbst getragen werden kann, auskommen. Eine grössere Belastung beeinträchtigt sehr die Bewegungsfähigkeit. Der Exkursionsleiter wird daher vor der Abreise die Erklärung abgeben, dass der Gepäcktransport von der Bahn, beziehungsweise vom Schiff ins Hotel nicht aus der allgemeinen Reisekasse gedeckt wird, sondern zu Lasten jedes einzelnen fällt, und dass die Reiseleitung auch die Verantwortung dafür ablehnt, dass grössere Gepäckstücke immer befördert werden können. Durch diese Anordnung wird es möglich sein, das Gepäck auf das absolut Notwendige zu beschränken.

Der amtliche Ausweis an die höheren Zivilbehörden (Gouverneure, Post- und Bahnhofvorstände, Hafenämter etc.) wird durch Vermittlung des Departements des Äussern in Bern auf diplomatischem Wege erhalten; bei kleineren Reisen genügt auch wohl das Empfehlungsschreiben eines Konsuls. Der Wert eines solchen Handschreibens ist nicht zu unterschätzen. Zunächst ermöglicht dasselbe durch Vermittlung der Lokalbehörden über Verkehrs- und Unterkunftsverhältnisse zuverlässige Erkundigungen einzuziehen und anderseits ist dasselbe in allen möglichen Zwischenfällen eine wertvolle Beruhigung, es ermöglicht bei unfreundlicher oder geradezu schikanöser Behandlung durch untergeordnete Amtsstellen mit der nötigen Energie aufzutreten. Man denke sich z. B. den Fall, dass ein Teilnehmer ohne

Wissen an verbotener Stelle eine photographische Aufnahme macht und von einer Wache angehalten wird. Die Verhaftung kann bei den schlechten Schiff- und Bahnverbindungen vielleicht den ganzen Reiseplan in Frage stellen. Der amtliche Ausweis wird in einer solchen Lage von grossem Nutzen sein. Auch uns hat dieses Schreiben wiederholt wertvolle Dienste geleistet, indem wir demselben mannigfache Unterstützung und allerlei Aufmerksamkeiten von seiten fremder Behörden zu verdanken hatten.

Die Reisekasse selbst wird man nur zum kleineren Teil in Bargeld mitführen; für den Hauptbetrag sollte man sich einen Kreditbrief und zwar nicht in unserer Währung, sondern in der üblichen Landesmünze (z. B. für Spanien in Pesetas, für Italien in Lire) ausstellen lassen. Man wird so viel besser den vollen Wert der Kursdifferenz ausnützen können.

Zur Vorbereitung gehören ferner auch einige Vorbesprechungen, in denen die Teilnehmer in geographischer, ethnographischer und naturhistorischer Hinsicht über die zu bereisenden Gebiete unterrichtet werden. Bei dieser Gelegenheit wird sowohl das Kartenmaterial wie auch die wichtigste Literatur aufgelegt. Wenn immer möglich, sollten diese vorbereitenden Vorträge durch Projektionsbilder ergänzt werden. In diesen Vorbesprechungen wird sich auch Gelegenheit finden, die gemeinsamen geschäftlichen Fragen: Ausrüstung, Kleidung, Nachsendung der Post etc. zu besprechen.

In Anbetracht der in den Mittelmeerstaaten oft grossen Unzuverlässigkeit und Langsamkeit der Postverbindungen sind, um Verluste zu vermeiden, alle Paket- und Geldsendungen am besten ganz zu unterlassen. Die Erfahrung hat uns gelehrt, dass bei einer grösseren Gesellschaft die Erhebung der eingelaufenen Briefe auf der Post jeweilen mit einem unverantwortlichen Zeitverlust verbunden war. Bei der geringen Schulung der meisten niederen Postbeamten und bei den öfters unleserlichen Schriften ist man zudem nicht einmal sicher, ob alle eingegangenen Briefe wirklich abgegeben worden sind. Um diesem doppelten Übelstande abzuhelfen, sind alle Briefe an den Exkursionsleiter zu adressieren; auf der Rückseite des Briefumschlages wird vom Absender der eigentliche Adressat vermerkt.

In einem besonderen Reisekorb führt die Exkursionsleitung auch noch das allgemeine Gepäck mit. Dasselbe umfasst:

a) Die Reiseapotheke: α) medizinische Ausrüstung: Opiumtinktur, Wismut, Phenacethin in Dosen von 0,5 gr; Aspirin 0,5 gr-Dosen; Chinin 0,25 gr; Calomel 0,2 + 0,5 sacch. lact. u. Pilulae laxantes, Kalium chloricum; Fuss- und Insektenpulver, Salmiakgeist. β) Chirurgische Ausrüstung: Verbandstoff, Verbandwatte; konzentrierte Desinfektionsflüssigkeit; Bismut oxyjodogallicum für offene Wunden; chirurgische Reisetasche.

b) Die photographischen Platten. (Durchschnittsverbrauch pro Tag ca. 6 Platten.)

c) Die Reisebibliothek umfasst das Kartenmaterial, Florenwerke und die Reisebücher.

d) Die wissenschaftliche Ausrüstung: Thermometer, Horizontalglas, Anäroïd, Formol, Planktonnetz, Düten, Notes-blocs etc.

e) Der Reiseproviant. Um ganztägige Exkursionen ausführen zu können, wird gelegentlich im Freien abgekocht und daher mitgeführt: 1 bis 2 Alluminiumkochapparate, Spiritus, Tee, Maggisuppenrollen, Konserven, Singersche Aleuronatbisquits etc.

In ihrer Aufgabe wird die Reiseleitung unterstützt durch:

1. Den Reisearzt. Die unregelmässige und vollständig veränderte Lebensweise, sowie die ganz andere Kost verursachen sehr leicht Darmstörungen, die im Frühjahr oft recht empfindlichen täglichen Temperaturschwankungen bedingen öfters Erkältungen. Es ist daher eine Beruhigung sowohl für die Reiseleitung, wie auch für jeden einzelnen Teilnehmer, wenn ein erfahrener Arzt sich in der Gesellschaft befindet.

2. Der Photograph. Ein grosser Reisephotographenapparat (12 × 16) und wo möglich noch eine Stereoskopkamera (8 × 8) sollten immer mitgeführt werden, denn die selbstaufgenommenen Landschafts- und Vegetationsbilder bilden eine der schönsten Reiseerinnerungen und sind später zur Illustration von Publikationen stets sehr willkommen, sie liefern ferner die Grundlage zur Herstellung von Diapositiven zur Belebung von Vorträgen. Die photographischen Platten werden auf Kosten der Reisekasse angeschafft. Dem erfahrenen Photographen werden stets zwei Mann zur Beihilfe beim Aufstellen und Einpacken des Photographenapparates zugeteilt.

3. Die Kontrolleure. Zwei Teilnehmer haben auf der Reise jeweilen beim Verlassen der Bahnzüge, der Dampfboote oder Hotels nachzusehen, ob nichts liegen geblieben ist.

4. Die Küchesektion: sie besteht in der Regel aus drei Mann, welche das Abkochen auf ganztägigen Exkursionen zu besorgen hat; in ihren Dienstkreis fällt auch noch der Einkauf des nötigen Proviantes.

5. Die Lokalführer. Es sind teils Konsulen und Landsleute, teils Professoren, Lehrer der Naturwissenschaften etc., die sich meist ein Vergnügen daraus machen, mit ihrer genauen Kenntnis von Land und Leuten der Studiengesellschaft in jeder Hinsicht behilflich zu sein.

Ist die Studienreise auf diese Weise vorbereitet, so kann der Erfolg nicht fehlen. Nur aussergewöhnliche Zwischenfälle, die für den Augenblick vielleicht recht unangenehm sind, jedoch oft gerade wesentlich dazu beitragen, den Reiz des Reisens zu erhöhen, werden das wie ein Uhrwerk ablaufende Reiseprogramm zu beeinflussen vermögen. Immerhin wird man für alle Fälle gut tun, schon im Programm Varianten, wie sie sich etwa infolge von Witterungswechsel oder Veränderungen in den Schiffsverbindungen ergeben, vorzusehen. So wird dafür gesorgt, dass keine Zeit verloren geht, und dass die Reise möglichst nutzbringend ausgestaltet werden kann.

Auf der Reise selbst soll das Hauptgewicht nicht auf das Sammeln von Pflanzen gelegt werden. Man kann bei dem in den Mittelmeerländern so auffallend weitgehenden Endemismus und dem Vorkommen vieler Arten mit ausserordentlich zerrissenem Verbreitungsareal auch nicht verlangen, dass der Botaniker jede Art gleich mit Namen benennt. Standort und Datum jeder gesammelten Pflanze soll jedoch sofort aufgeschrieben und die Pflanze dann in einen Schnitt der Etiquette gesteckt werden; so werden Verwechslungen unmöglich gemacht. Wichtiger als die Kenntnis einer möglichst grossen Zahl von Arten ist das Studium des gesamten Vegetationscharakters, der Formationen, der pflanzengeographischen Verbreitungsverhältnisse, welche die Grundlage der Florengeschichte liefern. Ganz besondere Aufmerksamkeit wird man den Kulturpflanzen und Kulturmethoden schenken und immer, ob es sich nun um Kultur- oder um Naturland handelt, den Vergleich mit den heimatlichen Verhältnissen nicht unterlassen. Je nach Umständen und Bedürfnis wird man am Abend in zusammenfassender Weise über die Tagesexkursion berichten und daran anschliessend eine allgemeine Diskussion eröffnen. Da diese Studienreisen gewöhnlich mehrere Wochen in Anspruch nehmen, so muss für eine möglichst grosse Abwechslung gesorgt werden, damit das Interesse nicht vorzeitig versagt und eine gewisse Reisemüdigkeit eintritt. Man suche im Programm möglichst Land- und Meerreisen, Bahn-, Fuhrwerk- und Fusstouren miteinander abwechseln zu lassen; man stelle möglichst verschiedene Landschafts- und Vegetationstypen einander gegenüber: Üppige Kulturlandschaften und öde, dürre Steppengebiete; Waldlandschaften, Macchien, Felsenheide; Tiefland, Hochland, Hochgebirge; xerophytische und hygrophytische Vergesellschaftungen usw. Dabei richte man auch sein Augenmerk auf Land und Leute und lasse innerhalb des Reiseprogrammes den Teilnehmern so viel Freiheit als nur immer möglich. Der eine wird sich vielleicht für Conchylien interessieren, ein anderer für Heilpflanzen. Den Landwirt wird die Bebauung des Bodens und die Viehzucht anziehen, der Kulturingenieur studiert die Bewässerungsanlagen, wieder ein anderer Teilnehmer entdeckt in sich eine historische oder gar eine prähistorische Ader und wer weiss, vielleicht bildet sich auch noch

eine Sektion für ethnographische Studien oder Architektonik. Für all' diese verschiedenen Interessen ist auf der Reise reichlich Gelegenheit vorhanden und die dazu nötige Zeit soll auch nicht fehlen; nur eigentliche „Reisebummler" suche man, bei der Auswahl der Teilnehmer, möglichst auszuschliessen.

Wollen einige Teilnehmer eine vom Tagesprogramm abweichende Exkursion ausführen, so soll auch in dieser Hinsicht das möglichst grösste Entgegenkommen gezeigt werden. Doch verlange man prinzipiell immer zweierlei: einer übernimmt die verantwortliche Führung und die kleine Spezialexpedition reist auf eigene Kosten, dadurch wird einer zuweit gehenden Zersplitterung vorgebeugt.

Wenn man sich so bestrebt, alles was geeignet ist erzieherisch zu wirken, alles was den Gesichtskreis erweitern und die Beobachtungsgabe und Urteilsschärfe vertiefen kann als letztes und wichtigstes Ziel solcher Studienreisen zu betrachten, so werden sich die Teilnehmer immer mit grösstem Vergnügen an die gemeinsam verbrachten Reisetage zurückerinnern und der Wert dieser Mittelmeerfahrten ist dann nicht genug hoch einzuschätzen: sie werden zu einer Charakterschule, denn in kurzer Zeit sammelt der junge Mann nicht nur viele neue Kenntnisse, er wird auch selbständiger und ausgereifter und der Vergleich mit den fremden Verhältnissen lässt ihn neuerdings erkennen, wie sehr unsere Schweiz von der Natur begünstigt, wie sehr die Institutionen unseres Landes sich gegenüber denjenigen der Mittelmeerstaaten vorteilhaft ausnehmen.

Verzeichnis der Abbildungen.

a) Tafeln.

b) Textfiguren.

Register.

(**Fettdruck** = Hauptstellen; * verweist auf Tafeln oder Textfiguren.

Über die zahlentheoretischen Formeln Liouville's.

Von

Ernst Meissner.

Einleitung.

In den Bänden III, IV, V, IX und X der zweiten Serie des Journal de mathématiques pures et appliquées hat J. Liouville unter dem Titel: « Sur quelques formules générales qui peuvent être utiles dans la théorie des nombres » eine Reihe von 18 Artikeln veröffentlicht. Dieselben enthalten etwa 60 Formeln, welche zahlreiche zahlentheoretische Anwendungen gestatten, für welche aber Liouville selbst keine Beweise publiziert hat. Erst über zwanzig Jahre später hat P. Pepin in einer eigenen Abhandlung einen Teil derselben bewiesen (Formules d'analyse utiles dans la théorie des nombres. Journal de math. sér. 4, T. IV, 1888). Es sind dies im wesentlichen vier Formeln, aus denen sich aber alle Gleichungen ableiten lassen, die in den ersten fünf, dem 17. und dem 18. Artikel angegeben sind. Auch die Formel (L) des 6. Artikels ist in ihnen enthalten.

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck, die sämtlichen in den 10 Artikeln VII bis XVI publizierten Formeln herzuleiten. Unerledigt bleiben wesentlich nur noch die zwei Formeln (N) und (Q) des 6. Artikels, welche sehr spezielle Fälle allgemeinerer Relationen zu sein scheinen. Ausser den erwähnten beweise ich drei weitere von Liouville angegebene Gleichungen, welche mehrere der in den « formules générales » enthaltenen in sich schliessen.

Um die Brauchbarkeit der Formeln zu zeigen, wird zum Schluss in § 10 eine Klassenrelation bewiesen. Zwei Sätze, welche Halphen im Bulletin de la société math. de France (Bd. 6) veröffentlicht hat, lassen sich als Spezialfälle Liouville'scher Formeln (der Gleichungen VIII ε und IX ζ) darstellen, worauf mich Herr Prof. Hurwitz aufmerksam machte.

Um den Umfang dieser Arbeit nicht allzu stark auszudehnen, habe ich aber jene Deduktion, die Herleitung der Jakobi-Eisenstein'schen Sätze über die Zerlegungen einer beliebigen Zahl in vier und 8 Quadrate, sowie weitere auf spezielle quadratische Formen von 3 und 4 Variablen bezügliche Anwendungen Liouville'scher Gleichungen unterdrückt.

Herrn Prof. Dr. Hurwitz, meinem hochverehrten Lehrer, sage ich herzlichen Dank für seine Ratschläge, sowie für das wohlwollende Interesse, mit dem er das Entstehen dieser Arbeit begleitet hat.

---

§ 1.

Der Formel, welche Gegenstand dieses ersten Paragraphen sein soll, liegen zwei verschiedene Zerlegungsarten der positiven Zahl m zu Grunde.

Die erste derselben ist durch die Gleichungen

$$m = m'^2 + m'' \tag{1}$$

$$m'' = 2^{\alpha''} \cdot d'' \cdot \delta'' \tag{1'}$$

gekennzeichnet. Hiebei bedeuten, wie überall im folgenden, alle Buchstaben ganze Zahlen. m'', d'' und δ'' sind positiv, d'' und δ'' ausserdem ungerade, sodass α'' der Exponent der höchsten in m'' enthaltenen Potenz von 2 ist. Die Zahl m' unterliegt keiner weitern Bedingung.

Unter

$$\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu)$$

verstehen wir eine Funktion von vier Variablen, welche für alle zur Anwendung gelangenden (immer ganzzahligen) Argumentwerte definiert ist, und den Bedingungen

$$\begin{gathered}\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = \mathfrak{F}(-\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = \mathfrak{F}(\varkappa, -\lambda, \mu, \nu) = \mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, -\mu, \nu) \\ \mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, -\nu) = -\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu)\end{gathered} \tag{2}$$

genügt.

Nunmehr summieren wir die Ausdrücke

$$(-1)^{m''-1} \cdot \mathfrak{F}(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m', 2^{\alpha''} d'' + m' - \delta'', \delta'') \tag{3}$$

bei festem m' über alle Lösungen der Gleichung (1'), und addieren alle auf diese Weise für die verschiedenen, der Gleichung (1) genügenden Wertsysteme (m', m'') gebildeten Summen.

Das Resultat dieser Operation schreiben wir in der Form

$$S_1 = \sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} \cdot d'' \cdot \delta''} (-1)^{m''-1} \cdot \mathfrak{F}(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m', 2^{\alpha''} d'' + m' - \delta'', \delta'') \quad (4)$$

und behalten eine entsprechende Art der Bezeichnung auch für das weitere bei.

Wir betrachten ferner die durch die Gleichung

$$m = m_1^2 + 2 d_2 \cdot \delta_2 \quad (5)$$

gegebene Zerlegung der Zahl m. Es soll hiebei m_1 irgend eine positive, negative oder verschwindende ganze Zahl sein; d_2 und δ_2 seien positiv, δ_2 ausserdem nur ungerade. Zwei Lösungen (m_1, d_2, δ_2) und (m_1', d_2', δ_2') von (5) sind als verschieden zu betrachten, wenn nicht gleichzeitig die drei Gleichungen

$$m_1 = m_1'; \quad d_2 = d_2'; \quad \delta_2 = \delta_2'$$

erfüllt sind. Die über sämtliche Lösungen der Gleichung (5) erstreckte Summe der Ausdrücke

$$\mathfrak{F}(m_1, 2d_2 + \delta_2, 2d_2 - m_1 - \delta_2, -2d_2 + 2m_1 + \delta_2)$$

ist nach vorigem mit

$$S_2 = \sum_{m = m_1^2 + 2 d_2 \delta_2} \mathfrak{F}(m_1, 2d_2 + \delta_2, 2d_2 - m_1 - \delta_2, -2d_2 + 2m_1 + \delta_2) \quad (6)$$

zu bezeichnen.

Endlich definieren wir noch das Symbol $\omega(x)$ durch die Festsetzungen:

$\omega(x) = 1$, wenn x Quadrat einer ganzen Zahl,

$\omega(x) = 0$, wenn dies nicht der Fall ist.

Diese Definition soll auch für die folgenden Paragraphen Gültigkeit haben.

Die Liouville'sche Formel, die hier abgeleitet werden soll, schreibt sich nunmehr in der Form:

$$S = S_1 + S_2 = \omega(m) \cdot \sum_{i = 1, 3, 5, \ldots (2\sqrt{m} - 1)} \mathfrak{F}(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - i, i - \sqrt{m}, i) \quad (7)$$

Ihrem Beweis schicken wir zunächst einige Bemerkungen voraus.

Der Anblick der Ausdrücke (4) und (6) lehrt, dass in jedem Gliede der Summe S das erste Argument der Funktion $\mathfrak{F}(x, \lambda, \mu, \nu)$ gleich der Summe der beiden letzten Argumente ist, sodass $\mathfrak{F}$ nur in der Form

$$\pm \mathfrak{F}(\mu + \nu, \lambda, \mu, \nu)$$

auftritt. Aus den über d_2 und δ'' gemachten Voraussetzungen folgt ferner, dass λ und ν nur ungerade Werte annehmen. In S_1 ist ν ausserdem immer positiv. Die Summe S soll nun dadurch ausgewertet werden, dass untersucht wird, wie oft das Glied

$$\mathfrak{F}(y + z, x, y, z) \tag{8}$$

darin auftritt, wenn x, y, z irgend welche feste ganze Zahlen bedeuten. Sind x und z gerade, so tritt ein Term (8) überhaupt nicht auf; wir nehmen daher gleich an, x und z seien ungerade, d. h.

$$x \equiv 1 \pmod 2 \qquad z \equiv 1 \quad (2) \tag{9}$$

In der Summe S_1 tritt das Glied $\mathfrak{F}(y + z, x, y, z)$ so oft auf, als das Gleichungssystem

$$\left.\begin{aligned} \delta'' - 2m' &= x \\ 2^{\alpha''} d'' + m' - \delta'' &= y \\ \delta'' &= z \\ m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \cdot \delta'' & \end{aligned}\right|$$

Lösungen besitzt, welche den anfangs gestellten Forderungen d'' und δ'' betreffend, genügen. Dieses System ist äquivalent mit

$$\left.\begin{aligned} 2m' &= z - x \\ \delta'' &= z \\ 2 \cdot 2^{\alpha''} d'' &= x + 2y + z \\ 4m &= x^2 + 4yz + 3z^2 \end{aligned}\right|$$

also mit denjenigen Lösungen der Gleichung

$$4m = x^2 + 4y \cdot z + 3z^2 \tag{A}$$

welche die Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} z > 0 \\ x + 2y + z > 0 \end{aligned}\right\} \tag{B}$$

erfüllen. Umgekehrt entspricht jeder solchen Lösung eine Zerlegung

$$m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \cdot \delta''$$

für welche in S_1 das Summenglied

$$(-1)^{m''-1} \mathfrak{F}(y + z, x, y, z)$$

auftritt, welches wegen

$$m'' = 2^{\alpha''} \cdot d'' \tag{2}$$

die Form

$$(-1)^{y+\frac{x+z}{2}-1}\cdot \mathfrak{F}(y+z,x,y,z) \tag{10}$$

annimmt.

Wenn keine Lösungen von (A) existieren, für welche $z>0$ würde, so tritt kein Glied (8) in S_1 auf. Im andern Falle gibt es sicher eine Lösung von (A), für die x und z positive ungerade Zahlen X resp. Z sind. Ihr ist eindeutig umkehrbar die Lösung $(-X, y, +Z)$ zugeordnet, und die Bedingungen (B) gehen für zwei solche korrespondierende Lösungen über in

$$X+2y+Z>0 \quad \text{resp.} \quad -X+2y+Z>0.$$

Die entsprechenden Summenglieder in S_1 sind wegen (2) von der Form

$$\pm \mathfrak{F}(y+Z, X, y, Z),$$

und zwar tritt das Plus-Zeichen auf, wenn die Lösung (X, y, Z) von (A) einem der Bedingungssysteme

$$\left.\begin{array}{l} X+2y+Z>0 \\ X+2y+Z\equiv 2\,(4) \end{array}\right\}(B_1) \qquad \left.\begin{array}{l} -X+2y+Z>0 \\ -X+2y+Z\equiv 2\,(4) \end{array}\right\}(B_2)$$

das Minuszeichen, wenn sie einer der Bedingungen

$$\left.\begin{array}{l} X+2y+Z>0 \\ X+2y+Z\equiv 0\,(4) \end{array}\right\}(B_3) \qquad \left.\begin{array}{l} -X+2y+Z>0 \\ -X+2y+Z\equiv 0\,(4) \end{array}\right\}(B_4)$$

genügt.

Die Forderungen (B_4) resp. (B_2) sind aber in den Forderungen (B_1) resp. (B_3) enthalten, da nach (9)

$$2X\equiv 2\ (4),$$

und die Glieder, welche durch zwei solche Systeme gleichzeitig erzeugt werden, heben sich des verschiedenen Vorzeichens wegen fort. Man kann sich also auf diejenigen Lösungen von (A) beschränken, für welche entweder

$$\left.\begin{array}{l} X+2y+Z>0 \\ X+2y+Z\equiv 2\,(4) \\ X-2y-Z\geqq 0 \end{array}\right\}(B_1') \quad \text{oder} \quad \left.\begin{array}{l} X+2y+Z>0 \\ X+2y+Z\equiv 0\,(4) \\ X-2y-Z>0 \end{array}\right\}(B_3')$$

erfüllt ist. In der letzten Ungleichung von (B_3') ist das Gleichheitszeichen weggelassen worden, da es wegen der darüber stehenden Kongruenz nicht auftreten kann. Im Falle (B_1') tritt in S_1 das Glied

$$\mathfrak{F}(y+Z, X, y, Z)$$

mit dem positiven, im Fall (B_3') mit dem negativen Zeichen auf.

Dieselbe Untersuchung wie für S_1 führen wir nun auch für die Summe (6) aus.

In S_2 tritt $\mathfrak{F}(y+z, x, y, z)$ so oft auf, als mit den Voraussetzungen verträgliche Lösungen des Systems

$$\left.\begin{aligned} 2\,d_2 + \delta_2 &= x \\ 2\,d_2 - m_1 - \delta_2 &= y \\ -\,2\,d_2 + 2\,m_1 + \delta_2 &= z \end{aligned}\right\}$$

vorhanden sind. Dieses ist aber äquivalent mit

$$\left.\begin{aligned} m_1 &= y + z \\ 2\delta_2 &= x - 2y - z \\ 4d_2 &= x + 2y + z \\ 4m &= x^2 + 4yz + 3z^2 \end{aligned}\right\}$$

d. h. mit dem Inbegriff der Lösungen der Gleichung (A), für welche

$$\left.\begin{aligned} x - 2y - z &> 0 \\ x + 2y + z &> 0 \\ x + 2y + z &\equiv 0\ (4) \end{aligned}\right\}\ (\mathrm{C}).$$

Sind X und Z wieder positive, ungerade Zahlen, so entspricht der Lösung (X, y, Z) von (A) ein-eindeutig die Lösung $(X, -y, -Z)$. Aus (C) ergibt sich, dass x überhaupt nur positive Werte X annehmen kann. Für die Lösungen

$$(X, y, Z) \qquad \text{resp.} \qquad (X, -y, -Z)$$

werden die Bedingungen (C) zu

$$\left.\begin{aligned} X - 2y - Z &> 0 \\ X + 2y + Z &> 0 \\ X + 2y + Z &\equiv 0\ (4) \end{aligned}\right\}(\mathrm{C}_1) \quad \text{resp.} \quad \left.\begin{aligned} X + 2y + Z &> 0 \\ X - 2y - Z &> 0 \\ X + 2y + Z &\equiv 2\ (4) \end{aligned}\right\}(\mathrm{C}_2)$$

und jeder Lösung (C_1) von (A) entspricht in S_2 der Term

$$\mathfrak{F}(y + Z, X, y, Z),$$

jeder Lösung (C_2) aber das Glied

$$\mathfrak{F}(-y - Z, X, -y, -Z) = -\mathfrak{F}(y + Z, X, y, Z).$$

Vergleicht man nun die Bedingungen (C_1) und (C_2) mit den bei der Betrachtung von S_1 erhaltenen Systemen (B_1') und (B_3'), so erkennt man, dass (B_3') mit (C_1) identisch ist, und dass auch (C_2) mit (B_1') übereinstimmt, wenn man nur in (B_1') vom Gleichheitszeichen der letzten Ungleichung absieht. Jede Lösung (X, y, Z) von (A), für die

$$X - 2y - Z \neq 0$$

genügt also keinem oder zweien der Systeme (B_1'), (C_2); (B_3'), (C_1), und erzeugt im letztern Falle in S denselben Term zweimal, aber

mit verschiedenen Vorzeichen. Ihr Beitrag an die Summe S ist daher in allen Fällen gleich null, und sie braucht nicht weiter berücksichtigt zu werden.

In S bleiben nur noch diejenigen Glieder übrig, die durch die Lösungen (B_1') von (A) erzeugt werden, für welche

$$X - 2y - Z = 0. \tag{11}$$

(A) geht dann aber über in

$$m = (y + Z)^2 \tag{A'}$$

woraus ersichtlich ist, dass derartige Lösungen nur dann existieren, wenn m eine Quadratzahl ist. Wenn dies nicht der Fall ist $\left(\omega(m) = 0\right)$, so zerstören sich sämtliche Glieder in S, und die Formel (7) ist bewiesen.

Ist aber m eine Quadratzahl, also $\omega(m) = 1$, so geht wegen (11) das Bedingungssystem (B_1') über in

$$\left.\begin{aligned} X + 2y + Z > 0 \\ X - 2y - Z > 0 \end{aligned}\right\} (B_1'')$$

und wegen (A') wird

$$\left.\begin{aligned} X &= 2\sqrt{m} - Z \\ y &= \sqrt{m} - Z \\ y + Z &= \sqrt{m} \end{aligned}\right\}. \tag{12}$$

Man erhält aber alle Lösungen von (A'), die (B_1'') erfüllen und jede nur einmal, wenn Z alle ungeraden Zahlen i von 1 bis $(2\sqrt{m} - 1)$ durchläuft. Sie Summe S wird daher

$$S = \sum \mathfrak{F}(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - Z, \sqrt{m} - Z, Z) \quad \text{oder}$$
$$S = \omega(m) \cdot \sum_{i = 1, 3, \ldots (2\sqrt{m} - 1)} \mathfrak{F}(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - i, \sqrt{m} - i, i)$$

womit der Beweis der Formel (7) auch für diesen Fall geleistet ist. Mit Benützung der Gleichungen (2) kann sie leicht in die Form gebracht werden:

$$\sum (-1)^{m''-1} \mathfrak{F}(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m', 2^{\alpha''} d'' + m' - \delta'', \delta'') -$$
$$\sum \mathfrak{F}(m_1, 2d_2 + \delta_2, 2d_2 - m_1 - \delta_2, 2d_2 - 2m_1 - \delta_2) =$$
$$= \omega(m) \cdot \left\{\mathfrak{F}(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - 1, \sqrt{m} - 1, 1) + \right.$$
$$\left. + \mathfrak{F}(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - 3, \sqrt{m} - 3, 3) + \cdots + \mathfrak{F}(\sqrt{m}, 1, 1 - \sqrt{m}, 2\sqrt{m} - 1)\right\}. \quad \mathrm{X}(\nu)$$

Dies ist die Hauptformel des 10. der Liouville'schen Artikel.[1])

[1]) Liouville: Sur quelques formules . . . Journal de mat. T. IV, sér. 2, pg. 195.

Durch Spezialisieren der Funktion $\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu)$ entstehen aus ihr beliebig viele neue Formeln, von denen hier jedoch nur die in den „formules générales" auftretenden behandelt werden sollen.

Man erfüllt die Gleichungen (2), d. h. die einzigen Beschränkungen, denen die Funktion $\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu)$ unterliegt, wenn man

$$\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = F(\nu)$$

setzt, wo $F(\nu)$ eine für alle auftretenden Argumentwerte definierte, ungerade Funktion bedeutet. Dann aber geht die Formel (X ν) über in die Formel ($\varkappa$) desselben Artikels:

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{m''-1} F(\delta'') - \sum_{m = m_1^2 + 2 d_2 \delta_2} F(2 d_2 - 2 m_1 - \delta_2) =$$
$$= \omega(m) \left\{F(1) + F(3) + \cdots + F(2\sqrt{m} - 1)\right\}. \qquad (\text{X } \varkappa)$$

Ist $f(\varkappa, \lambda)$ eine für alle zur Anwendung gelangenden Argumente definierte gerade Funktion bezüglich jeder ihrer Veränderlichen, so befriedigt der Ansatz:

$$\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = \nu f(\varkappa, \lambda)$$

die Bedingungen (2). Die Formel (X ν) verwandelt sich dabei in die speziellere Beziehung:

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{m''-1} \cdot \delta'' \cdot f(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2 m') - \sum_{m = m_1^2 + 2 d_2 \delta_2} (2 d_2 - \delta_2) f(m_1, 2 d_2 + \delta_2) =$$
$$= \omega(m) \left\{f(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - 1) + 3 f(\sqrt{m}, 2\sqrt{m} - 3) + \cdots + (2\sqrt{m} - 1) f(\sqrt{m}, 1)\right\} \quad (\text{X } \eta)$$

welche unter (η) ebenfalls im 10. Artikel angegeben ist. Hiebei ist die Summe

$$\sum (-2 m_1) f(m_1, 2 d_2 + \delta_2),$$

welche zunächst auf der linken Seite der Gleichung auftritt, unterdrückt worden. Ihr Wert ist null, da sich ihre Glieder des doppelten Vorzeichens von m_1 wegen gegenseitig zerstören.

Wenn die gerade Funktion $f(\varkappa, \lambda)$ in Bezug auf das erste Argument $\varkappa$ konstant ist, so geht (η) in die ebenfalls dem 10. Artikel angehörende Formel (θ) über:

$$\sum (-1)^{m''-1} \cdot \delta'' \cdot f(\delta'' - 2 m') - \sum (2 d_2 - \delta_2) f(2 d_2 + \delta_2) =$$
$$= \omega(m) \left\{f(2\sqrt{m} - 1) + 3 f(2\sqrt{m} - 3) + \cdots + (2\sqrt{m} - 1) f(1)\right\}. \quad (\text{X } \theta)$$

Unterdrückt man dagegen in (η) das zweite Argument von $f(\varkappa, \lambda)$, so erhält man zunächst:

$$\sum(-1)^{m''-1}\cdot\delta''\cdot f(2^{a''}d''+m')-\sum(2d_2-\delta_2)f(m_1)=\omega(m)\cdot m\cdot f(\sqrt{m}).$$

Nun ist aber

$$\sum d_2 f(m_1)=\sum\delta_2 f(m_1)$$

und wenn

$$\zeta_1(m_2)=\sum_{m_2=d_2\cdot\delta_2} d_2$$

gesetzt wird, so ergibt sich

$$\sum_{m=m_1^2+2d_2\delta_2}(2d_2-\delta_2)f(m_1)=\sum_{m=m_1^2+2m_2}\zeta_1(m_2)f(m_1)$$

und durch Einsetzen in die vorige Gleichung

$$\sum_{m=m'^2+2^{a''}d''\cdot\delta''}(-1)^{m''-1}\cdot\delta''\cdot f(2^{a''}d''+m')-\sum_{m=m_1^2+2m_2}\zeta_1(m_2)f(m_1)=$$

$$=\omega(m)\cdot m\cdot f(\sqrt{m}). \qquad \text{(IX }\zeta)$$

Diese Formel findet sich im 9. Artikel von Liouville unter (ζ) angegeben.

Durch die Spezialisierung

$$\mathfrak{F}(\varkappa,\lambda,\mu,\nu)=\nu\cdot f(\mu)$$

wo $f(\mu)$ wie vorhin eine gerade Funktion sein soll, erhält man aus der Hauptformel (ν) die Formel (i) des 10. Artikels in der Form:

$$\sum(-1)^{m''-1}\cdot\delta''\cdot f(2^{a''}\cdot d''+m'-\delta'')-$$

$$-\sum(2d_2-2m_1-\delta_2)f(2d_2-m_1-\delta_2)=$$

$$=\omega(m)\left\{f(1-\sqrt{m})+3f(3-\sqrt{m})+\cdots+(2\sqrt{m}-1)f(\sqrt{m}-1)\right\}. \qquad (\text{X}\,\iota)$$

Weniger einfach ergibt sich aus der Formel (ν) ein Spezialfall, in welchem die Darstellungen der Zahl m als Summe dreier Quadrate eine Rolle spielt, und den wir nunmehr ableiten wollen.

Da in (ν) das vierte Argument ν der Funktion $\mathfrak{F}(\varkappa,\lambda,\mu,\nu)$ nur ungerade Werte annimmt, so ist der Ausdruck

$$(-1)^{\mu+\frac{\nu-1}{2}}f(\varkappa)$$

worin $f(\varkappa)$ wieder eine gerade Funktion ist, eine gerade Funktion von $\varkappa$ und μ, dagegen eine ungerade Funktion von ν. Er erfüllt somit die Bedingungen (2). und kann in (X ν) eingesetzt werden. Dann wird die erste Summe S_1 der linken Seite unter Beachtung der Kongruenzen

$$2^{a''}d''\equiv m''\ (2)$$
$$\delta''\equiv 1\ (2)$$

zu

$$S_1' = \sum (-1)^{m' + \frac{\delta'' - 1}{2}} f(2^{\alpha''} d'' + m'). \tag{13}$$

Die 2. Summe S_2 geht nach einer leichten Reduktion über in

$$S_2' = \sum (-1)^{d_2 + \frac{\delta_2 - 1}{2}} \cdot f(m_1), \tag{14}$$

wo bei festem m_1 zunächst über alle Lösungen der Gleichung

$$m_2 = d_2 \cdot \delta_2 \tag{15}$$

zu addieren, und sodann die Summe aller so erhaltenen Ausdrücke über die Lösungen von

$$m = m_1^2 + 2\, m_2 \tag{15'}$$

zu bilden ist. Wegen

$$d_2 \equiv m_2 \ (2)$$

wird daher

$$S_2' = \sum_{m = m_1^2 + 2 m_2} \Big[f(m_1) (-1)^{m_2} \cdot \sum_{m_2 = d_2 \cdot \delta_2} (-1)^{\frac{\delta_2 - 1}{2}} \Big]. \tag{16}$$

Mit Liouville setzen wir abkürzend:

$$\varrho\ (m_2) = \sum_{m_2 = d_2 \cdot \delta_2} (-1)^{\frac{\delta_2 - 1}{2}}.$$

Nach einem bekannten zahlentheoretischen Satze (der sich übrigens auch aus Liouville'schen Formeln herleiten lässt) bedeutet dann $4 \cdot \varrho\ (m_2)$ die Anzahl der Darstellungen der Zahl $2\, m_2$ durch die quadratische Form

$$x^2 + y^2.$$

Mit dieser Bezeichnung ergibt sich aus (16):

$$4 \cdot S_2' = \sum_{m = m_1^2 + 2 m_2} f(m_1) \cdot (-1)^{m_2} \cdot 4\, \varrho\ (m_2).$$

Es ist aber

$$\varrho\ (m_2) = 0,$$

wenn die Gleichung

$$2\, m_2 = s^2 + s''^2$$

keine ganzzahligen Lösungen hat. Es wird daher

$$4\, S_2' = \sum_{m = m_1^2 + s^2 + s''^2} (-1)^{\frac{s^2 + s''^2}{2}} \cdot f(m_1)$$

und hierin ist die Summe über alle Lösungen der angegebenen Gleichung zu erstrecken, für welche

$$s^2 + s''^2 > 0 \qquad s \equiv s'' \quad (2). \tag{17}$$

Aus
$$s \equiv s'' \quad (2)$$
folgt aber
$$2\,s^2 \equiv s^2 + s''^2 \quad (4)$$
oder
$$s^2 \equiv \frac{s^2 + s''^2}{2} \equiv s \quad (2)$$
und es wird daher

$$4\,S_2' = \sum_{m = m_1^2 + s^2 + s''^2} (-1)^s \cdot f(m_1). \tag{18}$$

Nunmehr lässt sich leicht zeigen, dass die in (17) auftretende Bedingung

$$s \equiv s'' \quad (2)$$

unterdrückt werden darf. Ist nämlich

$$s + s'' \equiv 1 \quad (2),$$

so liefert die Zerlegung

$$m = m_1^2 + s^2 + s''^2$$

in (18) viermal den Term $(-1)^s \cdot f(m_1)$. Ihr ist, weil s und s'' verschieden sind, ein-eindeutig die Zerlegung

$$m = m_1^2 + s''^2 + s^2$$

zugeordnet, welche in (18) den entgegengesetzt gleichen Term $(-1)^{s''} f(m_1)$ ebenso oft erzeugt. Die Summe aller dieser Glieder hat den Wert null und darf somit der Summe (18) beigefügt werden.

Aber auch die Bedingung

$$s^2 + s''^2 > 0$$

darf bei Seite gelassen werden, wenn m keine Quadratzahl ist, da in diesem Falle die Gleichung

$$m = m_1^2 + 0$$

keine Lösung besitzt. Ist aber m ein Quadrat, so entsteht für die Zerlegung $s = s' = 0$; $m_1 = +\sqrt{m}$ in (18) der Ausdruck

$$f(m_1) + f(-m_1) = 2 f(\sqrt{m}).$$

Man kann somit die Bedingungen (17) aufheben, wenn man auf der linken Seite von (18) noch den Ausdruck

$$\omega(m) \cdot 2 \cdot f(\sqrt{m})$$

addiert. Es wird dann

$$2\,\omega(m) \cdot f(\sqrt{m}) + 4\,S_2' = \sum (-1)^s f(m_1), \tag{19}$$

wo nun die Summe der rechten Seite über sämtliche Lösungen der Gleichung

$$m = m_1^2 + s^2 + s''^2$$

auszudehnen ist.

Die rechte Seite unserer Hauptformel (X ν) geht durch den Ansatz:

$$\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = (-1)^{\mu + \frac{\nu - 1}{2}} f(\varkappa)$$

über in

$$R = \left\{ f(\sqrt{m})\,(-1)^{\sqrt{m} - 1} \left[1 - 1 + 1 \cdots + (-1)^{\sqrt{m} - 1} \right] \right\} \omega(m)$$

und wegen

$$\sqrt{m} \equiv m \quad (2)$$

wird

$$4\,R = \left\{ 2 \cdot f(\sqrt{m})\,(-1)^{m-1} + 2 f(\sqrt{m}) \right\} \cdot \omega(m). \tag{20}$$

Die Liouville'sche Formel (X ν):

$$S_1' + S_2' = R$$

geht beim Einsetzen der Ausdrücke (18), (19) und (20) endlich über in die Beziehung:

$$4 \sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{m' + \frac{\delta'' - 1}{2}} \cdot f(2^{\alpha''} d'' + m') - \sum_{m = s^2 + s'^2 + s''^2} (-1)^s \cdot f(s') =$$
$$= \omega(m) \cdot 2 \cdot (-1)^{m-1} \cdot f(\sqrt{m}). \tag{XI ϱ}$$

Dies ist die Formel (ϱ) des 11. Artikels, aus welcher sich durch Spezialisierung der Funktion $f(\varkappa)$ weitere interessante Resultate mit Leichtigkeit ergeben, wie dies von Liouville im 11. Artikel teilweise gezeigt wird.

Wir schliessen diesen Paragraphen mit einigen weiterhin auch gültigen Bemerkungen über die in den Formeln auftretenden Funktionen. Dieselben sind im hohen Grade willkürlich. Sie brauchen durchwegs höchstens für das Gebiet der ganzen Zahlen definiert zu sein. Über ihr Verhalten für nicht ganzzahlige Argumente ist keine Voraussetzung gemacht worden. Natürlich können alle stetigen Funktionen angewendet werden, die sich bei Vorzeichenwechsel ihrer Argumente ändern, wie die Formel jeweilen vorschreibt. Man kann aber mit Vorteil auch unstetige Funktionen gebrauchen. So ergeben

sich bemerkenswerte Resultate, wenn man die gerade Funktion $f(\varkappa) = 1$ oder 0 setzt, je nachdem $|\varkappa|$ grösser oder kleiner ist, als eine gegebene positive Zahl a. Oder man setzt $f(\varkappa) = 1$ oder 0, je nachdem $\varkappa$ durch eine vorgeschriebene Zahl p teilbar ist oder nicht. Eine weitere Klasse von Spezialformeln resultiert auch, wenn man geeignete Kombinationen trigonometrischer Funktionen einführt; mit Hülfe der Additionstheoreme können dann die Funktionen zusammengesetzter Argumente durch solche mit einfachen Argumenten ersetzt werden, wodurch die Formeln an Übersichtlichkeit gewinnen.

§ 2.

Die Hauptformel, welche in diesem Paragraphen abgeleitet werden soll, enthält wieder eine Funktion

$$\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu)$$

von vier Veränderlichen, die aber nunmehr für alle zur Anwendung kommenden Argumentwerte die Bedingungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{F}(\varkappa,\lambda,\mu,\nu) = -\mathfrak{F}(-\varkappa,\lambda,\mu,\nu) = -\mathfrak{F}(\varkappa,-\lambda,\mu,\nu) = -\mathfrak{F}(\varkappa,\lambda,-\mu,-\nu) \\ \mathfrak{F}(\varkappa,0,\mu,\nu) = 0 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

erfüllt. Sie bezieht sich ferner auf die Zerlegungen einer positiven geraden oder ungeraden Zahl m nach der Gleichung

$$m = m_1^2 + m_2^2 + d_2 \cdot \delta_3 \qquad (2)$$

worin d_3 und δ_3 positive, m_1 und m_2 irgendwelche ganze Zahlen bedeuten. δ_3 soll nur ungerade Werte annehmen.

Die über sämtliche Lösungen von (2) erstreckte Summe

$$S = \sum_{(2)} \mathfrak{F}(\delta_3 - 2m_2, d_3 + m_2 - m_1, d_3 + m_2 + m_1, \delta_3 + 2m_1) \qquad (3)$$

kann, wenn sie überhaupt einen von null verschiedenen Wert hat, in eine viel einfachere umgeformt werden.

Man sieht zunächst, dass $\varkappa$ und ν immer ungerade Zahlen sind, insbesondere also nie verschwinden. Wegen (1) darf auch λ als von null verschieden angenommen werden, während μ sehr wohl den Wert null haben kann.

Seien nun x, y, t feste, von null verschiedene Zahlen; z sei positiv, negativ oder null. Wenn die Zahlen x und t nicht beide ungerade sind, so tritt der Ausdruck

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t)$$

in der Summe (3) niemals auf. Wir setzen daher x und t als ungerade voraus.

Dann erscheint in S das Glied $\mathfrak{F}(x,y,z,t)$ so oft, als das Gleichungssystem

$$\left.\begin{aligned} x &= \delta_3 - 2m_2 \\ y &= d_3 + m_2 - m_1 \\ z &= d_3 + m_2 + m_1 \\ t &= \delta_3 + 2m_1 \end{aligned}\right\}$$

oder das damit äquivalente

$$\left.\begin{aligned} 2m_1 &= z - y \\ \delta_3 &= y - z + t \\ 2m_2 &= y - x - z + t \\ 2d_3 &= x + 2z - t \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Lösungen besitzt, die den gestellten Bedingungen entsprechen, und der Gleichung (2) genügen. Diese geht vermöge der Gleichungen (4) über in

$$4m = 2(y^2 - z^2) + x^2 + 4z \cdot t - t^2 \tag{5}$$

und die Voraussetzungen

$$d_3 > 0 \qquad \delta_3 > 0 \qquad \delta_3 = 1 \quad (2)$$

sind erfüllt, wenn die Lösungen der Gleichung (5) den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} & x + 2z - t > 0 \\ & y - z + t > 0 \\ & y - z + t = 1 \quad (2) \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

genügen. Jeder solchen Lösung entspricht vermöge (4) eine Zerlegung (2) der Zahl m, welche in S den Term

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t)$$

erzeugt.

Wenn die Gleichung (5) überhaupt eine Lösung hat, so besitzt sie auch immer eine solche, in welcher x, y und t positive Werte

$$X, Y \text{ resp. } T$$

besitzen. Durch Ändern der Vorzeichen ergibt sich aus einer solchen das System der acht Lösungen

1) X, Y, z, T; 2) $-X, Y, -z, -T$; 3) $X, -Y, -z, -T$; 4) $-X, -Y, z, T$
5) $X, Y, -z, -T$; 6) $-X, Y, z, T$; 7) $X, -Y, z, T$; 8) $-X, -Y, -z, -T$.

Sie sind alle von einander verschieden, und das Bedingungssystem (6) nimmt für sie der Reihe nach die Form an:

$$\left.\begin{array}{l} X+2z-T>0 \\ Y-z+T>0 \\ Y-z+T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{+}{(\alpha_1)} \qquad \left.\begin{array}{l} -X-2z+T>0 \\ Y-z-T>0 \\ Y+z-T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{+}{(\alpha_2)}$$

$$\left.\begin{array}{l} X-2z+T>0 \\ -Y+z-T>0 \\ -Y+z-T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{+}{(\alpha_3)} \qquad \left.\begin{array}{l} -X+2z-T>0 \\ -Y-z+T>0 \\ -Y-z+T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{+}{(\alpha_4)}$$

$$\left.\begin{array}{l} X-2z+T>0 \\ Y+z-T>0 \\ Y+z-T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{-}{(\alpha_5)} \qquad \left.\begin{array}{l} -X+2z-T>0 \\ Y-z+T>0 \\ Y-z+T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{-}{(\alpha_6)}$$

$$\left.\begin{array}{l} X+2z-T>0 \\ -Y-z+T>0 \\ -Y-z+T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{-}{(\alpha_7)} \qquad \left.\begin{array}{l} -X-2z+T>0 \\ -Y+z-T>0 \\ -Y+z-T\equiv 1\,(2) \end{array}\right\}\underset{-}{(\alpha_8)}.$$

Jeder Lösung (α_1) bis (α_8) korrespondiert wegen (1) in S das Glied

$$+\,\mathfrak{F}\,(X, Y, z, T).$$

und zwar tritt für die Systeme $\alpha_1 \ldots \alpha_4$ das Pluszeichen, für (α_5) bis (α_8) das Minuszeichen auf, was jeweilen am Fuss der Klammer angedeutet worden ist. Wenn aber die Bedingungen (α_3), (α_4), (α_7) resp. (α_8) erfüllt sind, sind es auch die Bedingungen (α_5), (α_6), (α_1) resp. (α_2). Eine Lösung, die gleichzeitig 2 solchen Systemen genügt, erzeugt aber in der Summe S den Term $\mathfrak{F}\,(X, Y, z, T)$ zwei mal und mit verschiedenen Vorzeichen, und darf sonach unberücksichtigt bleiben. Entfernt man sämtliche derartige Lösungen aus den obenstehenden Systemen, so gehen sie über in die folgenden:

$$\left.\begin{array}{l} X+2z-T>0 \\ Y-z+T>0 \\ Y-z+T\equiv 1\,(2) \\ Y+z-T>0 \end{array}\right\}\underset{+}{(\alpha_1')} \qquad \left.\begin{array}{l} -X-2z+T>0 \\ Y+z-T>0 \\ Y+z-T\equiv 1\,(2) \\ Y-z+T>0 \end{array}\right\}\underset{+}{(\alpha_2')}$$

$$\left.\begin{array}{l} X-2z+T>0 \\ Y+z-T>0 \\ Y+z-T\equiv 1\,(2) \\ Y-z+T>0 \end{array}\right\}\underset{-}{(\alpha_5')} \qquad \left.\begin{array}{l} -X+2z-T>0 \\ Y-z+T>0 \\ Y-z+T\equiv 1\,(2) \\ Y+z-T>0 \end{array}\right\}\underset{-}{(\alpha_6')}.$$

Die beiden ersten erzeugen den Term

$$\mathfrak{F}\,(X, Y, z, T)$$

mit dem positiven, die beiden letzten mit dem negativen Vorzeichen. Da die linken Seiten der letzten Ungleichungen in allen 4 Systemen ungerade Zahlen sind, so darf dort das Gleichheitszeichen weggelassen werden.

Nunmehr tritt eine weitere Reduktion in Evidenz. Wenn die Bedingungen (α_2') resp. (α_6') erfüllt sind, so sind es um so mehr die Bedingungen (α_5') resp. (α_1'). Wie vorhin zerstören sich die solchen Lösungen der Gleichung (5) entsprechenden Glieder in S des verschiedenen Vorzeichens wegen paarweise, und es bleiben von (5) nur noch diejenigen Lösungen zu betrachten, für welche eines der Bedingungssysteme

$$\left.\begin{array}{l} X + 2z - T > 0 \\ Y - z + T > 0 \\ Y - z + T \equiv 1\,(2) \\ Y + z - T > 0 \\ X - 2z + T \geq 0 \end{array}\right\} (\alpha_1'')_+ \qquad \left.\begin{array}{l} +X - 2z + T > 0 \\ Y + z - T > 0 \\ Y + z - T \equiv 1\,(2) \\ Y - z + T > 0 \\ X + 2z - T \geq 0 \end{array}\right\} (\alpha_5'')_-$$

befriedigt wird. Wenn aber in der letzten Ungleichung nicht das Gleichheitszeichen gilt, so sind diese beiden Systeme immer gleichzeitig erfüllt, und jede solche Lösung liefert an S keinen von null verschiedenen Beitrag. Man braucht also nur die Lösungen von (5) zu berücksichtigen, für welche entweder

$$X - 2z + T = 0$$

oder $$X + 2z - T = 0$$ ist.

In beiden Fällen nimmt jene dann die Form an:

$$2m = y^2 + z^2. \tag{5'}$$

Wenn die Zahl $2m$ keine Darstellung als Summe von 2 Quadratzahlen gestattet, so hat (5') keine Lösung, und der Wert der Summe S ist gleich null. Im andern Falle geht die Gleichung (5') vermöge der Beziehungen

$$\begin{aligned} y &= d_3 + m_2 - m_1 \\ z &= d_3 + m_2 + m_1 \end{aligned}$$

und der Gleichung (2) über in

$$d_3\,(d_3 - \delta_3 + 2m_2) = 0$$

woraus, da $d_3 > 0$, die Relation

$$d_3 = \delta_3 - 2m_2 = x \qquad \text{hervorgeht.} \tag{7}$$

Hieraus folgt, dass x nur positive Werte annimmt. Setzen wir daher

$$\left.\begin{aligned} d_3 + \delta_3 &= 2a \\ \delta_3 &= 2s + 1 \\ m_1 &= b \end{aligned}\right\} \tag{7'}$$

so sind a, b und s ganze Zahlen, für die die Ungleichungen

$$\left.\begin{aligned} 0 < 2s + 1 < 2a \\ a > 0 \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

gelten. Aus den Gleichungen (7), (7') folgt aber:

$$\left.\begin{aligned} x &= d_3 = 2a - 2s - 1 \\ y &= d_3 + m_2 - m_1 = a - b \\ z &= d_3 + m_2 + m_1 = a + b \\ t &= \delta_3 + 2m_1 = 2b + 2s + 1 \end{aligned}\right| \tag{9}$$

und dann geht (5') über in

$$m = a^2 + b^2. \tag{5''}$$

Die Summe S endlich erscheint nun in der Gestalt

$$S = \sum_{m = a^2 + b^2} \mathfrak{F}(2a - 2s - 1,\ a - b,\ a + b,\ 2b + 2s + 1)$$

wo über alle mit (8) verträglichen Lösungen der Gleichung (5'') zu addieren ist.

Hat letztere gar keine Lösung, was z. B. immer der Fall ist, wenn

$$m \equiv 3 \quad (\text{mod. } 4),$$

so ist der Summe der Wert null beizulegen. Unter dieser Festsetzung erhält man die für jedes m gültige Gleichung:

$$\begin{aligned} &\sum_{m = m_1^2 + m_2^2 + d_3\delta_3} \mathfrak{F}(\delta_3 - 2m_2,\ d_3 + m_2 - m_1,\ d_3 + m_2 + m_1,\ \delta_3 + 2m_1) = \\ &= \sum_{\substack{s=0 \\ m = a^2 + b^2}}^{a-1} \mathfrak{F}(2a - 2s - 1,\ a - b,\ a + b,\ 2b + 2s + 1). \end{aligned} \tag{XVI 3}$$

Sie bildet das Hauptresultat des 16. Artikels der «formules générales».

Wenn man an Stelle der Funktion $\mathfrak{F}(x, y, z, t)$ die bezüglich jeder Variablen ungerade Funktion

$$F(x, y, z)$$

einführt, was mit den Forderungen (1) verträglich ist, so geht aus der Hauptformel die Formel (1) desselben Artikels hervor:

---

[1]) Journ. de math. 2e sér., T. 9, p. 389.

$$\sum_{m=m_1^2+m_2^2+d_3\delta_3} F(\delta_3 - 2m_2, d_3 + m_2 - m_1, d_3 + m_2 + m_1) =$$

$$= \sum_{\substack{s=0 \\ m=a^2+b^2}}^{a-1} F(2a - 2s - 1, a - b, a + b). \qquad \text{(XVI 1)}$$

Da hier das 1. Argument nur ungerade Werte annimmt, so ist die weitere Spezialisierung

$$F(x, y, z) = (-1)^{\frac{x-1}{2}} F(y, z)$$

gestattet. Die rechte Seite der Formel (1) wird dann

$$\sum_{s=0}^{a-1} (-1)^{a-s-1} F(a - b, a + b) =$$

$$= \sum_{m=a^2+b^2} F(a - b, a + b) \left[(-1)^{a-1} + (-1)^{a-2} + \cdot + (-1)^0\right]$$

und es verschwindet somit jedes Glied, welches für gerade Werte von a auftritt. Man erhält also die Gleichung

$$\sum_{m=m_1^2+m_2^2+d_3\delta_3} (-1)^{\frac{\delta_3-1}{2}+m_2} \cdot F(d_3 + m_2 - m_1, d_3 + m_2 + m_1) =$$

$$= \sum_{m=a^2+b^2} F(a - b, a + b) \qquad \text{(XVI 4)}$$

wobei rechts nur über diejenigen Lösungen der Gleichung

$$m = a^2 + b^2$$

zu summieren ist, in denen a eine positive ungerade Zahl bedeutet. Dies ist die Formel (4) des Artikels (16).

Setzt man in der Hauptformel (3)

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t) = F(x, y, t),$$

wo wieder F eine bezgl. aller Argumente ungerade Funktion sein muss, so ergibt sich die Relation (2) desselben Artikels:

$$\sum_{m=m_1^2+m_2^2+d_3\delta_3} \mathfrak{F}(\delta_3 - 2m_2, d_3 + m_2 - m_1, \delta_3 + 2m_1) =$$

$$= \sum_{\substack{s=0 \\ m=a^2+b^2}}^{a-1} F(2a - 2s - 1, a - b, 2s + 2b + 1) \qquad \text{(XVI 2)}$$

Da hier die beiden äussern Argumente ungerade sind, darf die Funktion $F(x, y, t)$ weiter spezialisiert werden nach der Gleichung

$$F(x, y, t) = (-1)^{\frac{t-x}{2}} \cdot F(y),$$

worin $F(y)$ wieder ungerade Funktion ist. Die Formel (2) geht dann nach einigen Reduktionen über in die am Schluss des 16. Artikels von Liouville angegebene Gleichung (5):

$$\sum_{m = m_1^2 + m_2^2 + d_3\delta_3} (-1)^{m_1+m_2} \cdot F(d_3 + m_2 - m_1) = (-1)^m \cdot \sum_{m = a^2 + b^2} a F(b-a). \quad \text{(XVI 5)}$$

womit sämtliche Formeln des genannten Artikels erschöpft sind.

§ 3.

Die in diesem Abschnitt herzuleitende Formel steht mit der vorigen im engen Zusammenhang, und die Beweisführung geht derjenigen des § 2 genau parallel.

Es tritt in ihr eine für alle zur Anwendung kommende Argumentwerte definierte Funktion auf, welche den Gleichungen

$$\left.\begin{array}{c} \mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = -\mathfrak{F}(-\varkappa, \lambda, \mu, \nu) = -\mathfrak{F}(\varkappa, -\lambda, \mu, \nu) = -\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, -\mu, -\nu) \\ \mathfrak{F}(0, \lambda, \mu, \nu) = \mathfrak{F}(\varkappa, 0, \mu, \nu) = \mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, 0, 0) = 0 \end{array}\right\} \quad (1)$$

genügt.

Die Formel bezieht sich auf die Zerlegungen einer positiven ungeraden Zahl m nach der Gleichung

$$m = m_1^2 + 4 m_2^2 + 2^{\alpha_3+1} \cdot d_3 \cdot \delta_3. \quad (2)$$

m_2 ist hiebei eine beliebige, m_1 eine ungerade Zahl. d_3 und δ_3 sind positiv und ungerade, und der Exponent α_3 ist grösser oder gleich null.

Die über alle Lösungen von (2) erstreckte Summe

$$S = \sum_{(2)} \mathfrak{F}(2^{\alpha_3}\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, d_3 + 2m_2 + m_1, 2^{\alpha_3}\delta_3 + m_1) \quad (3)$$

soll ausgewertet werden.

Wegen (1) darf man voraussetzen, dass in der Summe S nur solche Glieder auftreten, in denen die beiden ersten Argumente, und von den zwei übrigen wenigstens das eine von null verschieden sind. Ferner sind die beiden innern Argumente immer gerade Zahlen, sodass $\mathfrak{F}$ in S nur in der Form

$$\mathfrak{F}(\varkappa, 2\lambda', 2\mu', \nu)$$

auftritt.

Sind x und y zwei von null verschiedene, z und t zwei nicht gleichzeitig verschwindende ganze Zahlen, so tritt

$$\mathfrak{F}(x, 2y, 2z, t)$$

in der Summe (3) so oft auf, als das Gleichungssystem

$$\left.\begin{aligned} 2^{\alpha_3}\delta_3 - 2m_2 &= x \\ d_3 + 2m_2 - m_1 &= 2y \\ d_3 + 2m_2 + m_1 &= 2z \\ 2^{\alpha_3}\delta_3 + m_1 &= t \end{aligned}\right\}$$

oder das damit gleichwertige:

$$\left.\begin{aligned} m_1 &= z - y \\ 2^{\alpha_3}\delta_3 &= y - z + t \\ 2m_2 &= y - x - z + t \\ d_3 &= x + 2z - t \end{aligned}\right| \tag{4}$$

Lösungen besitzt, welche die gestellten Anforderungen befriedigen. Diese Lösungen entsprechen aber eindeutig umkehrbar den Lösungen der Gleichung

$$m = x^2 + 2y^2 - 2z^2 + 4zt - t^2, \tag{5}$$

für welche die Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} y + z &\equiv 1 \pmod 2 \\ x + y &\equiv 1 \pmod 2 \\ y - z + t &> 0 \\ x + 2z - t &> 0 \end{aligned}\right| \tag{6}$$

erfüllt sind. Wie im vorigen § gezeigt wurde, zerfallen aber alle Wertesysteme (x, y, z, t), die (5) erfüllen, in Gruppen von je 8 verschiedenen, die wir, wenn X und Y die absoluten Werte von x und y bedeuten, in der Form angeben können:

1) X, Y, z, t 2) $-X, Y, -z, -t$ 3) $X, -Y, -z, -t$ 4) $-X, -Y, z, t$
5) $X, Y, -z, -t$ 6) $-X, Y, z, t$ 7) $X, -Y, z, t$ 8) $-X, -Y, -z, -t$.

Die 2 ersten Bedingungen (6) gehen für alle Lösungen über in

$$\left.\begin{aligned} X + t &\equiv 1\ (2) \\ Y + z &\equiv 1\ (2) \end{aligned}\right\}, \tag{α}$$

die übrigen werden der Reihe nach zu:

$$\left.\begin{aligned} Y - z + t &> 0 \\ X + 2z - t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_1)_+ \qquad \left.\begin{aligned} Y - z - t &> 0 \\ -X - 2z + t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_2)_+$$

$$\left.\begin{aligned} -Y + z - t &> 0 \\ X - 2z + t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_3)_+ \qquad \left.\begin{aligned} -Y - z + t &> 0 \\ -X + 2z - t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_4)_+$$

$$\left.\begin{aligned} Y + z - t &> 0 \\ X - 2z + t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_5)_- \qquad \left.\begin{aligned} Y - z + t &> 0 \\ -X + 2z - t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_6)_-$$

$$\left.\begin{aligned} -Y - z + t &> 0 \\ X + 2z - t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_7)_- \qquad \left.\begin{aligned} -Y + z - t &> 0 \\ -X - 2z + t &> 0 \end{aligned}\right\}(\alpha_8)_-$$

Alle 8 Lösungen erzeugen in der Summe S den Term

$$\pm \mathfrak{F}(X, 2Y, 2z, t),$$

die ersten vier mit dem Plus-, die letzten vier mit dem Minuszeichen. Die Bedingungen (α_1), (α_2), (α_5), (α_6) sind gleichzeitig mit den resp. Bedingungen (α_7), (α_8), (α_3) und (α_4) erfüllt. Die 2 Systemen gleichzeitig korrespondierenden Glieder in S zerstören sich wie im vorigen Paragraphen. Die acht Bedingungssysteme reduzieren sich auf die vier folgenden:

$$\left.\begin{array}{r} Y - z + t > 0 \\ X + 2z - t > 0 \\ Y + z - t \geqq 0 \end{array}\right\}_+ (\alpha_1') \qquad \left.\begin{array}{r} Y + z - t > 0 \\ -X - 2z + t > 0 \\ Y - z + t \geqq 0 \end{array}\right\}_+ (\alpha_2')$$

$$\left.\begin{array}{r} Y + z - t > 0 \\ X - 2z + t > 0 \\ Y - z + t \geqq 0 \end{array}\right\}_- (\alpha_5') \qquad \left.\begin{array}{r} Y - z + t > 0 \\ -X + 2z - t > 0 \\ Y + z - t \geqq 0 \end{array}\right\}_- (\alpha_6')$$

wozu in allen Fällen noch die Bedingungen (α) treten. Die Bedingungen (α_2') sind in (α_5'), die Bedingungen (α_6') in (α_1') enthalten, und es tritt in genauer Analogie zum § 2 die weitere Reduktion auf die 2 Systeme ein:

$$\left.\begin{array}{r} Y - z + t > 0 \\ X + 2z - t > 0 \\ Y + z - t \geqq 0 \\ X + t - 2z > 0 \end{array}\right\}_+ (\alpha_1'') \qquad \left.\begin{array}{r} Y + z - t > 0 \\ X - 2z + t > 0 \\ Y - z + t \geqq 0 \\ X + 2z - t > 0 \end{array}\right\}_- (\alpha_5'').$$

Wegen der 1. Bedingung von (α) ist die linke Seite der letzten Ungleichung bei beiden Systemen eine ungerade Zahl, also sicher von null verschieden. Mit Ausnahme der Fälle, wo in den dritten Ungleichungen der Systeme (α_1'') und (α_5'') die Gleichheitszeichen auftreten, sind beide Bedingungssysteme identisch, und erzeugen daher Summen, die sich entgegengesetzt gleich sind, und deren Gesamtbeitrag an S daher null ist. Ist aber

$$z = t + Y,$$

so geht die Gleichung (5) über in

$$m = X^2 + t^2 = x^2 + t^2. \tag{5'}$$

Vermöge der Gleichungen (2) und (4) wird hieraus

$$2^{\alpha_3} \delta_3 \left(2^{\alpha_3} \delta_3 - d_3 - 2 m_2 + m_1\right) = 0$$

oder

$$2^{a_3}\delta_3 - d_3 = 2m_2 - m_1$$

$$x = 2^{a_3}\delta_3 - 2m_2 = d_3 - m_1. \tag{7}$$

Setzt man nun

$$\left.\begin{aligned} 2^{a_3}\delta_3 + d_3 &= \alpha \\ d_3 &= 2s + 1 \\ 2m_2 + m_1 &= \beta \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

so wird

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \\ 2y &= \alpha - 2s - 1 \\ 2z &= \beta + 2s + 1 \\ t &= \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \end{aligned}\right| \tag{9}$$

α und β sind dann ungerade Zahlen, die wegen (5′) der Gleichung

$$2m = \alpha^2 + \beta^2 \tag{5''}$$

genügen. Die Gleichungen (7) und (8) zeigen, dass s, α und β den Beschränkungen

$$\left.\begin{aligned} 0 < 2s + 1 < \alpha \\ \frac{1}{2}(\alpha + \beta) = 1 \quad (2) \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

unterworfen sind. Durch die zweite dieser Bedingungen wird das Vorzeichen, das man der Zahl β in (5″) beizulegen hat, eindeutig bestimmt.

Die Summe S geht bei dieser Transformation über in die über alle Lösungen von (5″) zu erstreckende Summe

$$S = \sum \mathfrak{F}\left(\frac{\alpha - \beta}{2}, \alpha - 2s - 1, \beta + 2s + 1, \frac{\alpha + \beta}{2}\right)$$

wobei α, β und s den Bedingungen (10) genügen müssen. Setzt man noch fest, dass der Summe der Wert null beizulegen ist, wenn gar keine Lösung (5″) möglich ist, so erhält man die Relation:

$$\begin{aligned} &\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2^{a_3} d_3 \delta_3} \mathfrak{F}\left(2^{a_3}\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, d_3 + 2m_2 + m_1, 2^{d_3}\delta_3 + m_1\right) = \\ &= \sum_{\substack{s=0 \\ 2m = \alpha^2 + \beta^2}}^{s < \frac{\alpha - 1}{2}} \mathfrak{F}\left(\frac{\alpha - \beta}{2}, \alpha - 2s - 1, \beta + 2s + 1, \frac{\alpha + \beta}{2}\right). \end{aligned} \tag{XV 3}$$

Dies ist die Formel (3) des Artikels 15 [1]).

Ist F wieder eine bezüglich aller Argumente ungerade Funktion, so liefern die Ansätze

---

[1]) Journal de mat., sér. 2, T. 9, pg. 321.

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t) = F(x, y, z)$$

resp.

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t) = F(x, y, t)$$

die zwei speziellen Beziehungen:

$$\sum_{(2)} F(2^{d_3}\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, d_3 + 2m_2 + m_1) = \sum_{s=0}^{s<\frac{\alpha-1}{2}} F\left(\frac{\alpha-\beta}{2}, \alpha - 2s - 1, \beta + 2s + 1\right) \qquad \text{(XV 1)}$$

$$\sum F(2^{\alpha_3}\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, 2^{\alpha_3}\delta_3 + m_1) = \sum_{s=0}^{s<\frac{\alpha-1}{2}} F\left(\frac{\alpha-\beta}{2}, \alpha - 2s - 1, \frac{\alpha+\beta}{2}\right), \qquad \text{(XV 2)}$$

welche im 15. Artikel unter (1) und (2) angegeben sind[1]).

Wenn die der Formel (3) zu Grunde liegende Zahl m von der Form $4\mu + 3$ ist, so hat die Gleichung (5'') keine Lösung, und da in diesem Fall der Exponent α_3 der Gleichung

$$m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2^{\alpha_3+1} \cdot d_3 \cdot \delta_3$$

den Wert null hat, nimmt die Gleichung (XV 3) die folgende Gestalt an:

$$\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2d_3\delta_3} \mathfrak{F}(\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, d_3 + 2m_2 + m_1, \delta_3 + m_1) = 0. \qquad \text{(XIV C)}$$

Dies ist die Formel (C) des 14. Artikels[2]).

Der spezielle Ansatz

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t) = F(x, y, z),$$

wo F bezüglich aller Variablen ungerade Funktion ist, liefert die Formel (A) des Artikels 13:

$$\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2d_3\delta_3} F(\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, d_3 + 2m_2 + m_1) = 0. \qquad \text{(XIII A)}$$

Setzt man hier, da das erste Argument ungerade ist

$$F(x, y, z) = (-1)^{\frac{x-1}{2}} \cdot F(y, z),$$

so ergibt sich die Formel (A_1) des Artikels 13[3]):

$$\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2d_3\delta_3} (-1)^{\frac{\delta_3-1}{2} + m_2} \cdot F(d_3 + 2m_2 - m_1, d_3 + 2m_2 + m_1) = 0. \qquad \text{(XIII } A_1\text{)}$$

---

1) Journ. de math., sér. 2, T. 9, pg. 321.
2) Journ. de math., sér. 2, T. 9, pg. 281.
3) Journ. de math., sér. 2, T. 9, pg. 249.

Die zwei letzten Argumente der Funktion $F(x, y, z)$ in (A) sind gerade. Bedeutet $\Phi(x, u)$ eine für alle zur Anwendung kommenden Argumente definierte und den Gleichungen

$$\Phi(x, u) = -\Phi(-x, u) = \Phi(x, -u)$$

genügende Funktion, so hat der Ausdruck

$$\Phi\left(x, \frac{y+z}{2}\right) - \Phi\left(x, \frac{y-z}{2}\right)$$

ganzzahlige Argumente, und ist sowohl bezüglich x, als bezüglich y und z eine ungerade Funktion. Setzt man ihn für $F(x, y, z)$ in die Formel (A) ein, so ergibt sich die unter (A_2) im XIII. Artikel gegebene Beziehung

$$\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2d_3\delta_3} \left[\Phi(\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2) - \Phi(\delta_3 - 2m_2, m_1)\right] = 0. \quad \text{(XIII } A_2\text{)}$$

Setzt man hier endlich noch

$$\Phi(x, u) = (-1)^{\frac{x-1}{2}} \cdot f(u),$$

wo $f(u)$ eine gerade Funktion sein muss, so erhält man die Relation (A_3) desselben Artikels:

$$\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2d_3\delta_3} (-1)^{\frac{\delta_3 - 1}{2} + m_1} \cdot \left[f(d_3 + 2m_1) - f(m_1)\right] = 0. \quad \text{(XIII } A_3\text{)}$$

Endlich resultiert aus der Formel XIV (C) durch die Spezialisierung

$$\mathfrak{F}(x, y, z, t) = F(x, y, t),$$

wo F bezüglich x, y und t ungerade sein muss, die Formel (B) desselben Artikels:

$$\sum_{m = m_1^2 + 4m_2^2 + 2d_3\delta_3} F(\delta_3 - 2m_2, d_3 + 2m_2 - m_1, \delta_3 + m_1) = 0. \quad \text{(XIV } B\text{)}$$

Hiemit sind alle im 13., 14. und 15. Artikel angegebenen Beziehungen abgeleitet.

§ 4.

Die Hauptgleichung dieses Abschnittes enthält eine für alle verwendeten Argumente definierte Funktion

$$F(\lambda, \mu, \nu),$$

welche den Gleichungen

$$F(\lambda, \mu, \nu) = -F(-\lambda, \mu, \nu) = -F(\lambda, -\mu, \nu) = -F(\lambda, \mu, -\text{ı}$$
$$F(0, \mu, \nu) = F(\lambda, 0, \nu) = F(\lambda, \mu, 0) = 0$$

genügt. Sie bezieht sich ferner auf die Zerlegungen einer pos geraden oder ungeraden Zahl m nach der Gleichung

$$m = m'^2 + d'' \cdot \delta''.$$

m' ist irgend eine ganze Zahl; d'' und δ'' sind ausschliesslich p Die über sämtliche Lösungen von (2) erstreckte Summe

$$S = \sum_{m = m'^2 + d''\delta''} F(d'' + m', \delta'' - 2m', 2d'' + 2m' - \delta'')$$

soll ausgewertet werden.

Nach (1) dürfen alle Argumente als von null verschieden v gesetzt werden. Sind aber x, y, z drei nicht verschwindende Z so tritt

$$F(x, y, z)$$

in (3) jedesmal dann auf, wenn die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} d'' - m' &= x \\ \delta'' - 2m' &= y \\ 2d'' + 2m' - \delta'' &= z \\ m &= m'^2 + d''\delta'' \end{aligned}\right|$$

eine Lösung haben. Aus ihnen folgt

$$\left.\begin{aligned} 2d'' &= y - z \\ \delta'' &= 2x - z \\ 2m' &= 2x - y - z \\ 4m &= 4x^2 - y^2 - z^2 \end{aligned}\right|$$

und es entsprechen daher die Lösungen (4) eindeutig und umk denjenigen der Gleichung

$$4m = 4x^2 - y^2 - z^2,$$

für welche

$$\left.\begin{aligned} y - z &> 0 \\ 2x - z &> 0 \end{aligned}\right| \qquad \text{ist.}$$

Wenn (X, Y, Z) eine Lösung von (5) ist, so ist auch $(\varepsilon_1 X, \varepsilon_2 Y, \varepsilon_3 Z)$ eine solche, sobald die ε den Wert ± 1 haben. Von acht Lösungen erfüllen höchstens vier die Bedingungen (α), und wir die Zahlen X, Y, Z als positiv voraussetzen, sind es d Lösungen

1) X, Y, Z; 2) $X, Y, -Z$; 3) $X, -Y, Z$; 4) $X, \dots$

Die Bedingungen (α) werden der Reihe nach zu:

$$2\quad \left.\begin{matrix} Y+Z>0 \\ X-Z>0 \end{matrix}\right\}_{+}(\alpha_1) \qquad \left.\begin{matrix} Y-Z>0 \\ -2X+Z>0 \end{matrix}\right\}_{+}(\alpha_2) \qquad \left.\begin{matrix} -Y+Z>0 \\ 2X-Z>0 \end{matrix}\right\}_{-}(\alpha_3)$$

$$\left.\begin{matrix} Y-Z>0 \\ 2X+Z>0 \end{matrix}\right\}_{-}(\alpha_4)$$

und alle Lösungen $(\alpha_1)\ldots(\alpha_4)$ erzeugen in der Summe S den Term

$$\pm F(X, Y, Z).$$

Es ist leicht zu sehen, dass in den Fällen (α_1) und (α_2) das positive, in den Fällen (α_3) und (α_4) das negative Zeichen zu wählen ist.

Wenn die Systeme (α_3) resp. (α_2) erfüllt sind, sind es um so mehr die Ungleichungen (α_1) resp. (α_4); eine zwei solchen Systemen gleichzeitig angehörende Lösung erzeugt aber in S zwei sich zerstörende Glieder, und kann weggelassen werden. Die Bedingungen (α_1) bis (α_4) reduzieren sich daher auf die folgenden:

$$\left.\begin{matrix} 2X-Z>0 \\ Y-Z\geqq 0 \end{matrix}\right\}_{+}(\alpha_1') \qquad \left.\begin{matrix} Y-Z>0 \\ 2X-Z\geqq 0 \end{matrix}\right\}_{-}(\alpha_4').$$

Wenn kein Gleichheitszeichen auftritt, so sind aber auch diese zwei Bedingungssysteme gleichzeitig erfüllt oder nicht, und alle derartigen Lösungen von (5') liefern an S den Beitrag null.

Wenn dagegen in (α_1')

$$Y = Z$$

ist, so geht (5') über in

$$m = x^2 = X^2. \tag{5''}$$

Dieser Fall tritt nur ein, wenn m eine Quadratzahl, also $\omega(m) = 1$ ist. Die korrespondierenden Lösungen liefern wegen der Bedingung

$$2X - Z > 0$$

die Summe

$$S_1 = +\sum_{s=1}^{2\sqrt{m}-1} F(\sqrt{m}, s, s)\cdot\omega(m). \tag{6}$$

Ist endlich in (α_4')

$$2X = Z,$$

so wird die Gleichung (5') zu:

$$4m = y^2 = Y^2 \tag{5'''}$$

und wegen der Einschränkung

$$Y - Z > 0$$

tritt nun die Summe

$$S_2 = -\omega(m) \sum_{t=1}^{\sqrt{m}-1} F(t, 2\sqrt{m}, 2t) \tag{7}$$

in S auf. Da hiemit alle von null verschiedenen Glieder von S aufgezählt sind, ergibt sich die Gleichung

$$S = S_1 - S_2$$

oder

$$\sum_{m = m'^2 + d''\delta''} F(d'' + m', \delta'' - 2m', 2d'' + 2m' - \delta'') =$$

$$= \omega(m) \left\{ \sum_{s=1}^{2\sqrt{m}-1} F(\sqrt{m}, s, s) - \sum_{t=1}^{\sqrt{m}-1} F(t, 2\sqrt{m}, 2t) \right\}. \tag{XII φ}$$

Dies ist die Formel (φ) des 12. Artikels.

Man erhält daraus eine weitere Beziehung, wenn man die Funktion

$$F(x, y, z)$$

gleich null definiert, sobald z eine gerade Zahl ist, d. h. wenn man aus beiden Seiten der Gleichung (φ) nur die Glieder mit ungeradem letztem Argument heraushebt. Dann hat δ'' für alle nicht verschwindenden Glieder nur ungerade Werte. Setzt man ferner statt d'' den Ausdruck $2^{\alpha''} d''$, indem man die höchste Potenz von 2 extrahiert, und unter dem neuen d'' nur ungerade Zahlen versteht, so tritt an Stelle der Gleichung (2) die neue Zerlegung

$$m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \cdot \delta'' = m'^2 + m''$$

der Exponent α'' ist irgend eine nicht negative ganze Zahl. Die neue Formel, die sich auf die Lösungen dieser Gleichung bezieht, lautet dann:

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} \cdot F(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m', 2^{\alpha''+1} d'' + 2m' - \delta'') =$$

$$= \omega(m) \cdot \sum_{s=1,3,\ldots}^{2\sqrt{m}-1} F(\sqrt{m}, s, s). \tag{XII ν}$$

Die Zahl s ist auf ungerade Werte beschränkt; die in (φ) auftretende zweite Summe rechter Hand verschwindet.

Dies ist die Gleichung (ν) des 12. Artikels. Weil hierin die beiden letzten Argumente der Funktion $F(x, y, z)$ ungerade Zahlen sind, so ist die Spezialisierung

$$F(x, y, z) = (-1)^{\frac{y-1}{2} + \frac{z+1}{2}} \cdot \Phi(x, z) = (-1)^{\frac{y+z}{2}} \Phi(x, z)$$

erlaubt, sobald $\Phi(x, z)$ für alle zur Anwendung kommenden Argumentwerte den Gleichungen

$$\Phi(x, y) = -\Phi(-x, y) = +\Phi(x, -y); \quad \Phi(0, y) = 0$$

genügt. Unter dieser Voraussetzung, und mit Beachtung der Kongruenz

$$\frac{1}{2}(y + z) = 2^{\alpha''} d'' \equiv m'' \pmod 2$$

geht dann die Formel (ν) über in die im 8. Artikel von Liouville notierte Gleichung (γ):

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{m''-1} \cdot \Phi(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m') =$$
$$= \omega(m) \cdot \sum_{s = 1, 3, ..}^{2\sqrt{m} - 1} \Phi(\sqrt{m}, s). \qquad \text{(VIII } \gamma)$$

Reduziert man noch die Funktion $\Phi(x, y)$ auf eine ungerade Funktion $F(x)$ ihres ersten Arguments, so ergibt sich die Formel (β) des 7. Artikels in der Form:

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{m''-1} \cdot F(2^{\alpha''} d'' + m') = \omega(m) \cdot \sqrt{m} \cdot F(\sqrt{m}). \qquad \text{(VII } \beta)$$

Wenn in der Formel (γ)

$$\Phi(x, y) = x \cdot f(x, y)$$

gesetzt wird, wo $f(x, y)$ wie gewöhnlich eine gerade Funktion beider Variablen bedeutet, so erhält man die Relation (δ) des 8. Artikels:

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{m''-1} \cdot (2^{\alpha''} \cdot d'' + m') f(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m') =$$
$$= \omega(m) \cdot \sum_{s = 1, 3, ..}^{2\sqrt{m} - 1} \sqrt{m} \cdot f(\sqrt{m}, s). \qquad \text{(VIII } \delta)$$

Endlich liefert noch der Ansatz

$$\Phi(x, y) = (-1)^{\frac{y-1}{2}} \cdot F(x, y)$$

in dem $F(x, y)$ eine bezügliche beider Argumente ungerade Funktion ist, aus der Formel (γ) die Gleichung (ε) desselben Artikels:

$$\sum_{m = m'^2 + 2^{\alpha''} d'' \delta''} (-1)^{\frac{\delta''-1}{2}} \cdot F(2^{\alpha''} d'' + m', \delta'' - 2m') =$$
$$= \omega(m) (-1)^{m-1} \cdot \sum_{s = 1, 3, ..}^{2\sqrt{m} - 1} (-1)^{\frac{s-1}{2}} F(\sqrt{m}, s). \qquad \text{(VIII } \varepsilon$$

Hiebei ist noch von der Kongruenz

$$m'' - m' \equiv m \quad (2)$$

Gebrauch gemacht worden.

Alle angegebenen Formeln gestatten eine Reihe von mehr oder weniger interessanten Spezialisierungen.

Setzt man beispielsweise in (q)

$$F(x, y, z) = x \cdot y \cdot z$$

und bezeichnet man mit $\zeta_1(x)$ die Summe aller Teiler von x, so ergibt sich nach einigen Umformungen die ebenfalls von Liouville herrührende Formel[1]:

$$m\,\zeta_1(m) - 2\sum_{s=1}^{\infty}(m - 5s^2)\,\zeta_1(m - s^2) = \omega(m)\cdot\frac{m(4m-1)}{3}.$$

Die Summation ist über alle positiven ganzen Zahlen s auszudehnen, für welche das Argument von ζ_1 nicht null oder negativ wird.

§ 5.

In diesem Abschnitt treten zwei verschiedene Zerlegungsgleichungen auf. Die erste lautet

$$m = 2\,m'^2 + d'' \cdot \delta''. \tag{1}$$

m, d'' und δ'' sind positive ungerade Zahlen, m hat einen festen Wert. Die Zahl m' ist positiv, null oder negativ. Über alle Lösungen von (1) ist die Summe

$$2\,S_1 = 2\sum_{(1)} \mathfrak{F}(d'' + 2\,m',\ \delta'' - 2\,m',\ 2\,m' + d'' - \delta'') \tag{2}$$

zu erstrecken. Es bedeutet hier $\mathfrak{F}(\varkappa, \lambda, \mu)$ eine für alle auftretenden Argumentwerte definierte, und den Gleichungen

$$\mathfrak{F}(x, y, z) = -\,\mathfrak{F}(-x, y, z) = \mathfrak{F}(x, -y, -z) \tag{3}$$

gehorchende Funktion.

Die zweite Zerlegungsgleichung hat die Gestalt

$$2\,m = m_1^2 + d_2 \cdot \delta_2 \tag{4}$$

d_2 und δ_2 sind positive Zahlen, und beide ungerade. m_1 ist ungerade, positiv oder negativ. Über alle Lösungen (4) ist die Summe

$$S_2 = \sum_{(4)} \mathfrak{F}\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}\right),\ m_1,\ \left(\frac{d_2 - \delta_2}{2}\right) \tag{5}$$

auszudehnen.

[1]) Journal de math. pures et app. 2e sér., T. VII, 1862. Extrait d'une lettre de M. Liouville à M. Besgue.

Dann gilt, wie hier bewiesen werden soll, die Relation

$$2\,S_1 = S_2 \tag{6}$$

in allen Fällen.

In der Summe (2) kann, da die 2 ersten Argumente von $\mathfrak{F}$ ungerade sind, höchstens das letzte verschwinden. Wir wollen jedoch diesen Fall vorläufig ausschliessen. Ist dann x resp. y eine ungerade, z irgend eine von null verschiedene Zahl, so tritt in (2) das Summenglied

$$\mathfrak{F}\,(x,\, y,\, 2\,z)$$

so oft auf, als die Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} d'' + 2\,m' = x \\ \delta'' - 2\,m' = y \\ 2\,m' + d'' - \delta'' = z \\ m = 2\,m'^2 + d''\,\delta'' \end{array}\right| \tag{7}$$

oder die ihnen gleichwertigen:

$$\left.\begin{array}{l} \delta'' = x - 2\,z \\ d'' = y + 2\,z \\ 2\,m' = x - y - 2\,z \\ 2\,m = x^2 + y^2 - 4\,z^2 \end{array}\right| \tag{7'}$$

Lösungen besitzen. Die Lösungen von (7) entsprechen also eindeutig umkehrbar den Lösungen der Gleichung

$$2\,m = x^2 + y^2 - 4\,z^2, \tag{8}$$

welche die Ungleichungen

$$\left.\begin{array}{l} x - 2\,z > 0 \\ y + 2\,z > 0 \end{array}\right\} \tag{α}$$

befriedigen.

Die letztern kann man in Gruppen von je acht so zusammenfassen, dass sich die Lösungen einer Gruppe nur durch die Vorzeichen der Grössen x, y, z unterscheiden. Sind X, Y und Z die absoluten Werte der Variablen, so können von den 8 Lösungen einer Gruppe höchstens die folgenden vier die Bedingungen (α) erfüllen:

1) X, Y, Z; 2) $X, Y, -Z$; 3) $X, -Y, Z$; 4) $-X, Y, Z$.

Jene nehmen dann der Reihe nach die Form an:

$$\left.\begin{array}{l} X - 2\,Z > 0 \\ Y + 2\,Z > 0 \end{array}\right\} (\alpha_1) \quad \left.\begin{array}{l} X + 2\,Z > 0 \\ Y - 2\,Z > 0 \end{array}\right\} (\alpha_2) \quad \left.\begin{array}{l} X - 2\,Z > 0 \\ -Y + 2\,Z > 0 \end{array}\right\} (\alpha_3)$$

$$\left.\begin{array}{l} -X + 2\,Z > 0 \\ Y - 2\,Z > 0 \end{array}\right\} (\alpha_4)$$

Durch die Gleichungen (7) erhält man zu jeder solchen Lösung eine Zerlegung (1), und damit in $2\,S_2$ ein Glied

$$\pm\,\mathfrak{F}\,(X,\,Y,\,\pm\,2\,Z)$$

zugeordnet, und zwar erzeugt

$$\left.\begin{array}{llr} \text{eine Lösung } (\alpha_1) \text{ den Term} & & \mathfrak{F}\,(X,Y,2Z) \\ \quad \text{"} \quad \text{"} \quad (\alpha_2) \quad \text{"} \quad \text{"} & & \mathfrak{F}\,(X,Y,-2Z) \\ \quad \text{"} \quad \text{"} \quad (\alpha_3) \quad \text{"} \quad \text{"} & \mathfrak{F}\,(X,-Y,2Z) = & \mathfrak{F}\,(X,Y,-2Z) \\ \quad \text{"} \quad \text{"} \quad (\alpha_4) \quad \text{"} \quad \text{"} & \mathfrak{F}\,(-X,Y,-2Z) = & -\,\mathfrak{F}\,(X,Y,-2Z) \end{array}\right| \quad (9)$$

Aber mit den Bedingungen (α_4) sind gleichzeitig auch die Forderungen (α_2) befriedigt; eine (α_4) erfüllende Lösung erzeugt also nach (9) denselben Term in S_2 zweimal, aber mit verschiedenen Vorzeichen, und kann daher weggelassen werden. Die Bedingungen (α_2) und (α_4) dürfen also ersetzt werden durch die engern:

$$\left.\begin{array}{l} X + 2\,Z > 0 \\ Y - 2\,Z > 0 \\ X - 2\,Z > 0 \end{array}\right\} \quad (\alpha_2').$$

Die erste davon ist von selbst erfüllt. In der letzten ist die linke Seite ungerade, ein Gleichheitszeichen also unmöglich. Eine Lösung (α_2') erzeugt das Glied

$$\mathfrak{F}\,(X,\,Y,\,-\,2\,Z).$$

Da die Bedingungen (α_2') und (α_3) in die eine Ungleichung

$$X - 2\,Z > 0$$

zusammengefasst werden können, und diese wieder mit (α_1) identisch ist, so ergibt sich endlich

$$2\,S_1' = 2\sum{}'\,\{\mathfrak{F}\,(X,\,Y,\,2\,Z) + \mathfrak{F}\,(X,\,Y,\,-\,2\,Z)\}, \qquad (10)$$

wo die Summe über alle Lösungen von

$$2\,m = X^2 + Y^2 - 4\,Z^2 \qquad (10')$$

mit der Bedingung

$$X - 2\,Z > 0 \qquad (10'')$$

auszudehnen ist, und wo der Akzent andeuten soll, dass die Glieder mit verschwindendem 3. Argument unterdrückt worden sind.

Nun diskutieren wir in gleicher Weise die Summe S_2.

Aus (4) folgt, dass

$$d_2 \equiv \delta_2 \pmod 4,$$

dass also $\frac{d_2 - \delta_2}{2} = x$ eine ungerade Zahl ist. Setzen wir

$$\left.\begin{aligned} d_2 - \delta_2 &= 2x \\ m_1 &= y \\ d_2 - \delta_2 &= 4z \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

also

$$\left.\begin{aligned} m_1 &= y \\ d_2 &= x + 2z \\ \delta_2 &= x - 2z \end{aligned}\right\}, \tag{11'}$$

so ist x wie y eine ungerade Zahl, und z ist sicher ganz. Wir wollen einstweilen aber auch annehmen, z sei nicht null. Die Gleichung (4) wird nun zu

$$2m = x^2 + y^2 - 4z^2, \tag{8}$$

d. h. geht in die Gleichung (8) über; umgekehrt entspricht jeder Lösung von (8), für die

$$x + 2z > 0 \tag{12}$$

eine Lösung von (4), die durch die Gleichungen (11') berechnet werden kann. Von den 8 Lösungen einer Gruppe der oben diskutierten Gleichung (8) können 4 die Bedingungen (12) nie erfüllen.

Für die 4 übrigen, nämlich

1) X, Y, Z; 2) $X, Y, -Z$; 3) $X, -Y, Z$; 4) X, Y, Z

wird (12) in allen Fällen zu

$$X - 2Z > 0. \tag{12'}$$

Einer Lösung 1) ... 4) entspricht wegen (11') je eine Zerlegung (4) und damit ein Glied in S_2 eindeutig, und zwar entsteht

für eine Lösung 1) der Term $\mathfrak{F}(X, Y, 2Z)$
" " " 2) " " $\mathfrak{F}(X, Y, 2Z)$
" " " 3) " " $\mathfrak{F}(X, Y, 2Z)$
" " " 4) " " $\mathfrak{F}(X, Y, 2Z)$

Daher wird, wenn wieder die Glieder mit verschwindendem letzten Argument unterdrückt werden, die Summe S_2 zu:

$$S_2' = 2\sum{}' \{\mathfrak{F}(X, Y, 2Z) \quad \mathfrak{F}(X, Y, -2Z)\},$$

wobei über alle Lösungen von (10') mit der Bedingung (12') zu summieren ist.

Vergleicht man mit dem unter (10) erhaltenen Resultat, so folgt

$$2S_2' = S_2' \tag{13}$$

und es bleibt nur noch der Nachweis zu leisten, dass auch die Glieder

mit verschwindendem letztem Argument in beiden Summen $2\,S_1$ resp. S_2 übereinstimmen.

Für sie verwandelt sich die Gleichung (8) in die Gleichung

$$2\,m = X^2 + Y^2 \tag{8'}$$

und die Summe $2\,S_1''$ aller in $2\,S$ enthaltenen solcher Glieder wird

$$2\,S_1'' = \sum \mathfrak{F}(X, Y, 0), \tag{14}$$

wo über sämtliche Lösungen von (8') zu summieren ist.

Die in S_2 enthaltenen Glieder mit dem letzten Argument 0 bilden die über alle Lösungen der Gleichung

$$2\,m = X^2 + y^2 \tag{8''}$$

auszudehnenden Summe

$$S_2'' = \sum \mathfrak{F}(X, y, 0),$$

welche wegen $\qquad y = \pm Y \neq 0$

und wegen $\qquad \mathfrak{F}(X, -Y, 0) = \mathfrak{F}(X, Y, 0)$

offenbar mit der Summe (14) genau übereinstimmt.

Daher gilt die Gleichung

$$2\,(S_1' + S_1'') = 2\,S_1 = S_2' + S_2'' = S_2$$

oder:

$$2 \sum_{m = 2m'^2 + d''\delta''} \mathfrak{F}(d'' + 2\,m', \delta'' - 2\,m', 2\,m' + d'' - \delta'') =$$
$$= \sum_{2m = m_1^2 + d_2\delta_2} \mathfrak{F}\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}, m_1, \frac{d_2 - \delta_2}{2}\right), \tag{A}$$

welche auch von Liouville herrührt [1]).

Beschränkt man m_1 auf positive Werte, und beachtet man, dass

$$\sum_{(4)} \mathfrak{F}\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}, -m_1, \frac{d_2 - \delta_2}{2}\right) = \sum_{(4)} \mathfrak{F}\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}, m_1, \frac{-d_2 + \delta_2}{2}\right) =$$
$$= \sum_{(4)} \mathfrak{F}\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}, m_1, \frac{d_2 - \delta_2}{2}\right),$$

so ergibt sich die neue Form von (A):

$$\sum_{m = 2m'^2 + d''\delta''} \mathfrak{F}(d'' + 2\,m', \delta'' - 2\,m', 2\,m' + d'' - \delta'') =$$
$$= \sum_{\substack{2m = m_1^2 + d_2\delta_2 \\ m_1 > 0}} \mathfrak{F}\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}, m_1, \frac{d_2 - \delta_2}{2}\right). \tag{A_1}$$

---

[1]) Comptes rendus, T. 53, 1861 (2). Brief an Hermite, oder auch Journal de math. p. et a., 2e sér., T. 7, 1862, pg. 42.

Wenn man in Übereinstimmung mit den Bedingungen (3) die Funktion F [illegible], die bezüglich aller Argumente [illegible] ist, als Spezialfall der allgemeinen Funktion $\mathfrak{F}$ [illegible] in (A) einführt, so heben sich auf der rechten Seite die Glieder weg, welche zu entgegengesetzt gleichen Werten von m_1 gehören. Da m_1 nie null ist, verschwindet somit die Summe rechter Hand, und es ergibt sich die Formel (4) des 12. Artikels der «formules générales»:

$$\sum_{m = 2m'^2 + d''\delta''} F(d'' - 2m', \delta'' [illegible] 2m, 2m [illegible] d [illegible] \delta) [illegible] 0 \quad (\text{VII } 4)$$

Bedeutet $f(u, v)$ eine gerade Funktion beider Veränderlichen u und v, so ist auch der Ansatz

$$\mathfrak{F}(x, y, 2z) [illegible] (-1)^{[illegible]} f(y, 2z)$$

mit den Bedingungen (3) verträglich. Führt man ihn in (A) ein und beachtet man, dass

$$d_2 [illegible] \delta_2 \pmod 4,$$

so ergibt sich die Gleichung:

$$\sum_{m = 2m'^2 + d''\delta''} (-1)^{\frac{\delta'' - 1}{2}} \cdot f(\delta'' [illegible] 2m', 2d'' [illegible] 4m') \qquad (\text{XI } \pi)$$
$$= \sum_{2m = m_1^2 + d_2\delta_2}{}' (-1)^{\frac{\delta_2 - 1}{2}} \cdot f(m_1, d_2 [illegible] \delta_2).$$

Dies ist die Formel (π) des Artikels 11, die sich auch leicht direkt beweisen lässt.

Reduziert man $f(u, v)$ auf das 1. Argument u, so erhält man

$$\sum{}' (-1)^{\frac{\delta'' - 1}{2}} f(\delta'' [illegible] 2m') = \sum{}' [illegible] 1^{[illegible]} f(m [illegible]$$

oder mit Anwendung der schon früher gebrauchten Bezeichnung

$$\varphi(m) [illegible] \sum_{[illegible]} [illegible]$$

$$[illegible] \sum{}' [illegible] 1 [illegible] \delta [illegible] 2m [illegible] \sum [illegible] \varphi(m [illegible]) \qquad [illegible]$$

Diese Formel erscheint unter [illegible] Artikel [illegible] die Anzahl der Darstellungen von n durch die Form [illegible]

und da von den Zahlen u und v die eine gerade, die andere ungerade ist, so kann man die Summe

$$\sum f(m_1)\,\varrho\,(m_2)$$

auch in die Gestalt

$$\sum f(i)$$

bringen, wenn man über alle Lösungen der Gleichung

$$2\,m = i^2 + i_1^2 + p^2$$

summiert, wobei i und i_1 positive ungerade Werte haben, p irgend eine gerade Zahl ist.

An Stelle der Formel (ξ) kann daher auch die gleichwertige Formel (o) des 11. Artikels treten:

$$\sum_{m = 2\,m'^2 + d''\,\delta''} (-1)^{\frac{\delta''-1}{2}} \cdot f(\delta'' - 2\,m') = \sum_{2\,m = i^2 + i'^2 + p^2} f(i). \qquad \text{(XI o)}$$

Wenn man den mit den Bedingungen (3) verträglichen Ansatz macht:

$$\mathfrak{F}(x, y, 2\,z) = F(x),$$

worin $F(x)$ wie gewöhnlich eine ungerade Funktion ist, so ergibt die Formel (A_1) die neue Gleichung:

$$\sum_{m = 2\,m'^2 + d''\,\delta''} F(d'' + 2\,m') = \sum_{\substack{2\,m = m_1^2 + d_2\,\delta_2 \\ m_1 > 0}} F\left(\frac{d_2 + \delta_2}{2}\right) \qquad (A_2)$$

welche auch direkt bewiesen worden ist.[1])

Bezeichnet man mit $F(x)$ diejenige ungerade Funktion, die für positive Argumente den Wert $+ 1$, für negative den Wert (-1) besitzt; ferner mit

$$L_1\,(d'' + 2\,m' > 0) \quad \text{resp.} \quad L_1\,(d'' + 2\,m' < 0)$$

die Anzahl der Lösungen der Gleichung

$$m = 2\,m'^2 + d''\,\delta'',$$

für welche $\quad d'' + 2\,m' > 0 \quad$ resp. $\quad d'' + 2\,m' < 0$

ist, und endlich mit L_2 die Gesamtanzahl der Lösungen von

$$2\,m = m_1^2 + d_2\,\delta_2 \quad (m_1 > 0),$$

so ergibt sich aus (A_2) die Relation:

[1]) H. J. S. Smith. Collected papers. Report on the theory of numbers. Art. 136, p. 348.

$$L_1\,(d''+2\,m'>0)-L_1\,(d''+2\,m'<0)=L_2 \qquad (A_3)$$

welche beim arithmetischen Beweis einer Klassenzahlrelation eine Rolle spielt[1]).

§ 6.

Es sei m eine positive ganze Zahl, die die Kongruenz

$$m\equiv 3 \pmod 4 \qquad (1)$$

erfüllt. Sie soll nach den Gleichungen

$$m=m_1^2+2\,d_2\cdot\delta_2 \qquad (2)$$

$$m=4\,m'^2+d''\,\delta'' \qquad (3)$$

zerlegt werden. d_2, δ_2, d'' und δ'' sind positive ungerade Zahlen; m_1 ist auch ungerade, aber positiv oder negativ; m' ist irgend eine ganze Zahl, die Null eingeschlossen. Ferner sei in (3) immer

$$d''<\delta''. \qquad (4)$$

Die Funktion $\mathfrak{F}\,(x, y, z)$ sei für alle auftretenden Werte ihrer Argumente definiert, und genüge den Gleichungen:

$$\mathfrak{F}\,(x,y,z)=\mathfrak{F}\,(-x,y,z)=\mathfrak{F}\,(x,-y,z)=-\mathfrak{F}\,(x,y,-z). \qquad (5)$$

Man bilde die über alle Lösungen von (2) auszudehnende Summe

$$S_1=\sum_{(1)}\mathfrak{F}\,(d_2-m_1,\,\delta_2+m_1-d_2,\,m_1) \qquad (6)$$

und die über die Gleichung (3) zu erstreckenden Ausdrücke

$$S_2=\sum_{(3)}\mathfrak{F}\left(-2\,m',\,\frac{\delta''-d''}{2},\,d''+2\,m'\right) \qquad (7)$$

$$S_3=\sum_{(3)}\mathfrak{F}\left(\frac{d''+\delta''}{2},\,\frac{-\delta''+d''}{2},\,-d''-2\,m'\right). \qquad (7')$$

Es soll gezeigt werden, dass unter den erwähnten Voraussetzungen die Gleichung gilt:

$$S_1=S_2+S_3 \qquad (B)$$

Aus (3) folgt wegen (1) zunächst, dass

$$d''+\delta''\equiv 0 \quad (4)$$

---

[1]) Vergl. Journal de math., sér. 2, T. 7, 1862, p. 46 und § 10 dieser Arbeit.

und die Ausdrücke (6), (7) und (7′) zeigen dann, dass das zweite und dritte Argument von

$$\mathfrak{F}(x, y, z)$$

in allen Gliedern ungerade, das erste dagegen immer gerade ist. Es tritt also $\mathfrak{F}$ nur in der Form

$$\mathfrak{F}(2x, y, z)$$

auf, und es ist

$$y \equiv z \equiv 1 \pmod 2.$$

In der Summe S_1 geschieht dies immer, wenn

$$\left.\begin{aligned} d_2 - m_1 &= 2x \\ \delta_2 + m_1 - d_2 &= y \\ m_1 &= z \\ m = m_1^2 + 2\, d_2\, \delta_2 & \end{aligned}\right\}. \tag{8}$$

Die Auflösungen dieser Gleichungen ergeben

$$\left.\begin{aligned} \delta_2 &= y + 2x \\ d_2 &= z + 2x \\ m_1 &= z \\ m &= 8x^2 + 4xy + 4xz + 2yz + z^2 \end{aligned}\right\}. \tag{8'}$$

Umgekehrt entspricht jeder Lösung der Gleichung

$$m = 8x^2 + 4xy + 4xz + 2yz + z^2 \tag{9}$$

eine Zerlegung (2), wenn sie den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} A &= 2x + y > 0 \\ B &= 2x + z > 0 \end{aligned}\right\} \tag{α}$$

genügt.

In der Summe S_2 tritt das Glied $\mathfrak{F}(2x, y, z)$ immer dann auf, wenn die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} -2m' &= 2x \\ \delta'' - d'' &= 2y \\ d'' + 2m' &= z \\ m = 4m'^2 + d''\,\delta'' & \end{aligned}\right\}$$

bestehen; diese aber ergeben

$$\left.\begin{aligned} d'' &= 2x + z \\ \delta'' &= 2x + 2y + z \\ m' &= -x \\ m &= 8x^2 + 4xy + 4xz + 2yz + z^2 \end{aligned}\right\}.$$

Sie entsprechen mithin eindeutig umkehrbar denjenigen Lösungen von (9), welche die Ungleichungen

$$\left.\begin{array}{l} B = 2x + z > 0 \\ C = y \qquad > 0 \end{array}\right\} (\beta)$$

befriedigen.

In S_3 endlich tritt $\mathfrak{F}(2x, y, z)$ immer dann auf, wenn die Relationen

$$\left.\begin{array}{l} d'' + \delta'' \quad = 4x \\ -\delta'' + d'' \quad = 2y \\ -d'' - 2m' = z \\ m = 4m'^2 + d''\delta'' \end{array}\right|$$

erfüllt werden. Aus ihnen folgt

$$\left.\begin{array}{l} d'' \quad = 2x + y \\ \delta'' \quad = 2x - y \\ 2m' = -2x - y - z \\ m = 8x^2 + 4xy + 4xz + 2yz + z^2 \end{array}\right|$$

und sie entsprechen somit ein-eindeutig denjenigen Lösungen der Gleichung (9), für welche

$$\left.\begin{array}{l} A = 2x + y > 0 \\ C = y \qquad < 0 \end{array}\right\} (\gamma)$$

ist. Jeder Lösung (α), (β) oder (γ) der Gleichung (9) entspricht ein Glied

$$+ \mathfrak{F}(2x, y, z)$$

in den resp. Summen S_1, S_2 oder S_3.

Die Grössen A, B und C sind ungerade. Die Bedingungen (α) können daher zerlegt werden in die zwei folgenden, nie gleichzeitig erfüllten Systeme

$$A > 0,\ B > 0,\ C > 0 \} (\alpha_1) \qquad A > 0,\ B > 0,\ C < 0 \} (\alpha_2).$$

Analog zerlegt man die Forderungen (β) resp. (γ) in die folgenden:

$$A > 0,\ B > 0,\ C > 0 \} (\beta_1) \qquad A < 0,\ B > 0,\ C > 0 \} (\beta_2)$$

resp.

$$A > 0,\ B > 0,\ C < 0 \} (\gamma_1) \qquad A > 0,\ B < 0,\ C < 0 \} (\gamma_2).$$

Da die Systeme (β_1) und (α_1), sowie die Systeme (α_2) und (γ_1) identisch sind, so erzeugen sie in der Gleichung

$$S_1 = S_2 + S_3 \tag{B}$$

auf beiden Seiten dieselbe Anzahl gleicher Glieder. Unterdrückt m
sie, so ändert sich die Richtigkeit oder Unrichtigkeit von (B) a
nicht, und es genügt daher, die dermassen reduzierte Gleichung
beweisen, d. h. nachzuweisen, dass die in

$$S_2 + S_3$$

zurückbleibenden Glieder eine Summe null ergeben. Dies ist al
sehr einfach. Ist nämlich (x, y, z) eine Lösung von (9), welche ein
der Bedingungssysteme

$$(\beta_2), \quad (\gamma_2)$$

genügt, so erfüllt die ihr eindeutig umkehrbar zugeordnete und v
ihr immer verschiedene zweite Lösung der Gleichung (9):

$$-x, -y, -z$$

das andere Bedingungssystem, wie die Relationen

$$A = 2x + y; \quad B = 2x + z; \quad C = y;$$

sofort erkennen lassen. Die erste Lösung erzeugt aber in

$$S_2 + S_3$$

das Glied $\mathfrak{F}(2x, y, z)$,

die zweite dagegen den Ausdruck

$$\mathfrak{F}(-2x, -y, -z) = -\mathfrak{F}(2x, y, z)$$

und es zerstören sich sonach alle übrig bleibenden Glieder in

$$S_2 + S_3.$$

Die Relation (B) ist damit bewiesen.

Mit Hülfe der Gleichungen (5) erhält sie die Gestalt:

$$\sum_{m = m_1^2 + 2 d_2 \delta_2} \mathfrak{F}(d_2 - m_1, \delta_2 + m_1 - d_2, m_1) =$$

$$= \sum_{m = 4m'^2 + d''\delta''} \mathfrak{F}\left(2m', \frac{\delta'' - d''}{2}, d'' + 2m'\right) - \sum_{m = 4m'^2 + d''\delta''} \mathfrak{F}\left(\frac{\delta'' + d''}{2}, \frac{\delta'' - d''}{2}, d'' + 2m \right. \quad ($$

in welcher sie von Liouville publiziert worden ist [1]).

Wir spezialisieren hier:

$$\mathfrak{F}(2x, y, z) = (-1)^{x + \frac{z-1}{2}}.$$

[1]) Comptes rendus. T. 53, 1861 (2), oder Journal de math., p. e. a.. T
(1862). pg. 43.

Bezeichnen wir wie früher mit $\varrho(m)$ die Summe:

$$\varrho(m) = \sum_{d \cdot \delta = m} (-1)^{\frac{d-1}{2}}$$

und ferner dieselbe Summe mit $\varrho'(m)$, wenn sie nur über diejenigen Teiler von m erstreckt wird, die kleiner sind als ihre konjugierten, so ergibt sich aus (B) unter der Annahme

$$m \equiv 3 \pmod 8$$

nach einigen leichten Umformungen die Gleichung:

$$\sum_{i=1,3,\ldots}^{i^2 < m} \varrho\left(\frac{m - i^2}{2}\right) = \varrho'(m) + 2 \sum_{\varkappa = 1,2,\ldots}^{4\varkappa^2 < m} \varrho'(m - 4\varkappa^2). \tag{B_1}$$

Die Summation ist links über alle positiven ungeraden Zahlen i, rechts über alle positiven Zahlen $\varkappa$ auszuführen, für welche die Argumente nicht null oder negativ werden. Aus dem Ausdruck der linken Seite liest man leicht ab, dass der gemeinsame Wert der beiden Gleichungsseiten der Anzahl der Lösungen der Gleichung

$$m = x^2 + y^2 + z^2$$

in positiven ungeraden Zahlen gleichkommt. Diese Formel ist von Liouville der Formel (B) beigefügt worden.

§ 7.

Die positive ungerade Zahl m werde nach den Gleichungen

$$m = \alpha^2 + 3\beta^2 \tag{1}$$

$$4m = i^2 + 3i_1^2 \tag{2}$$

zerlegt. i und i_1 bedeuten positiv ungerade, α und β irgend welche ganze Zahlen. Die Funktion $f(x, y)$ sei bezüglich beider Argumente gerade. Über die Lösungen der Gleichung (1) resp. (2) erstrecke man die Summe

$$S_1 = \sum f(\alpha + 3\beta, \alpha - \beta) \tag{3}$$

resp. die Summe

$$S_2 = 2 \sum f(i, i_1); \tag{4}$$

dann gilt immer die Relation

$$S_1 = S_2. \tag{5}$$

Da m ungerade ist, so ist von den Zahlen α, β eine gerade, die andere ungerade. In S_1 treten also nur ungerade, insbesondere von null verschiedene Argumente auf. Bedeuten x und y ungerade Zahlen, so tritt $f(x, y)$ jedesmal dann in S_1 auf, wenn die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} \alpha + 3\beta &= x \\ \alpha - \beta &= y \\ m &= \alpha^2 + 3\beta^2 \end{aligned}\right\}$$

erfüllt sind. Hieraus folgt

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \frac{x+3y}{4} \\ \beta &= \frac{x-y}{4} \\ 4m &= x^2 + 3y^2 \end{aligned}\right\}. \tag{6}$$

Umgekehrt entspricht jeder Lösung der Gleichung

$$4m = x^2 + 3y^2 \tag{6'}$$

eindeutig eine solche von (1), sobald

$$x - y \equiv 0, \quad (\text{mod. } 4) \tag{7}$$

und damit in S_1 der Term $f(x, y)$.

Die Lösungen von (6′) zerfallen in Gruppen von vieren. Ist x, y irgend eine Lösung, so sind die vier Lösungen ihrer Gruppe durch

$$\pm x, \pm y$$

gegeben. Die absoluten Werte von x und y seien i und i_1. Die Kongruenz (7) ist immer von zweien, und nur von zwei Lösungen einer Gruppe erfüllt, und diesen korrespondiert in S_1 der Term

$$f(x, y) = f(i, i_1)$$

zweimal genommen. Die Summe S_1 wird also zu

$$S_1 = \sum 2 \cdot f(i, i_1),$$

wobei über alle Lösungen von (6′) in positiven ungeraden Zahlen zu summieren ist. Dies ist aber genau die Summe S_2. Es gilt also die Relation

$$S_1 = S_2$$

oder

$$\sum_{m = \alpha^2 + 3\beta^2} f(\alpha + 3\beta, \alpha - \beta) = 2 \sum_{4m = i^2 + 3i_1^2} f(i, i_1),$$

welche ebenfalls von Liouville herrührt [1]).

---

[1]) Journal de math., T. 18, sér. 2 (1873).

§ 8.

Es bedeute in diesem Paragraphen m eine positive, feste Zahl, die der Kongruenz

$$m \equiv 1 \quad (4) \tag{1}$$

genügt. Man zerlege sie nach der Gleichung

$$m = 4\, m'^2 + d''\, \delta'', \tag{2}$$

wobei m' eine beliebige ganze Zahl bedeutet, d'' und δ'' aber positiv und ungerade sein sollen.

Unter $\varphi(u)$ soll ferner eine für alle auftretenden (immer ganzzahligen) Argumentwerte definierte, im übrigen ganz willkürliche Funktion verstanden werden.

Die Summe

$$S = \sum_{(2)} (-1)^{m' + \frac{\delta''-1}{2}} \cdot \varphi\left(m' + \frac{d''-\delta''}{4}\right) \tag{3}$$

ist über sämtliche Lösungen der Gleichung (2) zu erstrecken.

Es soll nun bewiesen werden, dass

$$S = \omega(m) \cdot (-1)^{\frac{\sqrt{m}-1}{2}} \cdot \sqrt{m} \cdot \varphi(0) \tag{4}$$

ist, wenn wie früher $\omega(m) = 1$ oder $= 0$ ist, je nachdem m eine Quadratzahl ist, oder nicht.

Wir erhalten zunächst für die Summen S_0 derjenigen Glieder in (3), für welche das Argument von φ den Wert null hat, den Ausdruck:

$$S_0 = \sum{}' (-1)^{m' + \frac{\delta''-1}{2}} \cdot \varphi(0),$$

wobei die Summation auszudehnen ist über die gleichzeitig die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} m &= 4\, m'^2 + d'' \cdot \delta'' \\ m' &+ \frac{d''-\delta''}{4} = 0 \end{aligned}\right\}$$

befriedigenden Wertekombinationen

$$m',\ d'',\ \delta''.$$

Eliminiert man m' aus denselben, so ergibt sich

$$m = \left(\frac{d''+\delta''}{2}\right)^2 \tag{5}$$

woraus hervorgeht, dass $S_0 = 0$, wenn $\omega(m) = 0$. Wenn dagegen $\omega(m) = 1$ ist, so wird

$$S_0 = \varphi(0) \cdot \sum (-1)^{\frac{\delta'' - d''}{4} + \frac{\delta'' - 1}{2}} = \varphi(0) \cdot \sum (-1)^{\frac{d'' + \delta'' - 2}{4}}$$

oder wegen (5)

$$S_0 = \varphi(0) \cdot \sum (-1)^{\frac{\sqrt{m} - 1}{2}} = \varphi(0) \cdot (-1)^{\frac{\sqrt{m} - 1}{2}} \cdot Z,$$

wo Z die Anzahl der Zerlegungen (5) bedeutet. Da d'' der Reihe nach alle ungeraden Zahlen von 1 bis $(2\sqrt{m} - 1)$ durchlaufen kann, und δ'' dieselben $\sqrt{m}$ Zahlen in umgekehrter Reihenfolge durchläuft, so ist $Z = \sqrt{m}$. Daher gilt allgemein die Gleichung

$$S_0 = \omega(m) \cdot (-1)^{\frac{\sqrt{m} - 1}{2}} \cdot \sqrt{m} \cdot \varphi(0) \qquad (4')$$

und der Vergleich mit (4) lehrt, dass man um jene Formel zu beweisen, nur noch zu zeigen hat, dass sich in S alle Glieder mit von null verschiedenem Argument wegheben.

Fasst man alle Glieder, in denen das Argument von φ gleich $\varkappa$ ist, zusammen in den Ausdruck

$$\varphi(\varkappa) \cdot S_\varkappa,$$

so ist somit zu zeigen, dass

$$S_\varkappa = 0, \qquad (6)$$

sobald $\varkappa$ nicht verschwindet.

Zunächst weisen wir nach, dass die Zahl $\varkappa$ auf positive Werte beschränkt werden darf.

Es sei (m', d'', δ'') irgend eine Lösung der Gleichung (2), für die

$$\varkappa = m' + \frac{d'' - \delta''}{4} \neq 0.$$

Wegen (1) ist $\qquad d'' \equiv \delta'' \pmod{4} \qquad (7)$

und dieser Ausdruck daher immer ganzzahlig.

Ferner ist $(-m', \delta'', d'')$ eine der vorigen eindeutig unkehrbar zugeordnete Lösung von (2), und zwar ist sie von jener verschieden, weil aus der Gleichheit der Lösungen $\varkappa = 0$ folgen würde, was unserer Voraussetzung widerstreitet.

Die Lösung (m', d'', δ'') erzeugt in S aber das Glied

$$(-1)^{m' + \frac{\delta'' - 1}{2}} \varphi(\varkappa),$$

die Lösung $(-m', \delta'', d'')$ wegen (7) aber das Glied

$$(-1)^{-m' + \frac{d'' - 1}{2}} \cdot \varphi(-\varkappa) = (-1)^{m' + \frac{\delta'' - 1}{2}} \cdot \varphi(-\varkappa),$$

woraus folgt, dass $\qquad S_\varkappa = S_{-\varkappa}$

ist. Wenn also $S_\varkappa$ null ist, verschwindet auch $S_{-\varkappa}$, und wir dürfen daher $\varkappa$ als positive ganze Zahl voraussetzen.

Nach Definition ist

$$S_\varkappa = \sum (-1)^{m' + \frac{\delta'' - 1}{2}} \tag{8}$$

wo die Summe über die gemeinsamen Lösungen von

$$\left.\begin{aligned} m &= 4\, m'^2 + d'' \cdot \delta'' \\ m' + \frac{d'' - \delta''}{4} &= \varkappa \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

auszudehnen ist. Durch Elimination von m' wird

$$m = 4\,\varkappa^2 - 2\,\varkappa\,(d'' - \delta'') + \left(\frac{d'' + \delta''}{2}\right)^2 \tag{9'}$$

und $S_\varkappa$ wird zu

$$S_\varkappa = \sum_{(9')} (-1)^{\varkappa + \frac{\delta'' - d''}{4} + \frac{\delta'' - 1}{2}}. \tag{8'}$$

Nun substituieren wir:

$$\left.\begin{aligned} d'' + \delta'' &= 2\,u \\ d'' - \delta'' &= 2\,g \end{aligned}\right\}. \tag{10}$$

Es wird dann

$$\left.\begin{aligned} d'' &= u + g \\ \delta'' &= u - g \end{aligned}\right\} \tag{10'}$$

und die den Grössen d'', δ'' auferlegten Bedingungen werden zu

$$\left.\begin{aligned} &u > g;\ u > -g \\ &u \quad 1 \,(\mathrm{mod}\ 2);\ g \equiv 0\,(2) \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

die Gleichung (9') geht über in

$$m = 4\,\varkappa^2 - 4\,\varkappa \cdot g + u^2 \tag{12}$$

und es wird $S_\varkappa$ gleich der über alle Lösungen von (12) mit den Bedingungen (11) zu erstreckenden Summe

$$S_\varkappa = (-1)^\varkappa \cdot \sum (-1)^{\frac{u-1}{2}}. \tag{13}$$

Nun sei (u, g) eine den Forderungen (11) genügende Lösung der Gleichung (12). Wir machen den Ansatz

$$u' = -u + 4\,\varkappa \cdot a, \tag{14}$$

wo a eine ganze Zahl bedeutet. Soll (u', g') eine Lösung der Gleichung (12) sein, so bestimmt sich g' aus der Gleichung

$$m = 4\,\varkappa^2 - 4\,\varkappa \cdot g' + u^2 - 8\,\varkappa\, u\, a + 16\,\varkappa^2 a^2,$$

oder wegen (12) aus

$$0 = 4\,\varkappa \cdot (g - g') - 8\,\varkappa\, u\, a + 16\,\varkappa^2 a^2. \tag{14'}$$

Da $\varkappa \neq 0$, ergibt sich hieraus

$$g' = g - 2u \cdot a + 4\varkappa a^2. \tag{14'}$$

Man erhält somit vermittelst (14) und (14') zu der Lösung (u, g) von (12) nach Fixierung der Zahl a die Lösung (u', g'), und es berechnen sich u und g rückwärts aus (u', g') nach den Formeln:

$$\left.\begin{aligned} u &= -u' + 4\varkappa a \\ g &= -g' - 2u \cdot a + 4\varkappa \cdot a^2 \end{aligned}\right\} \tag{15}$$

woraus hervorgeht, dass die Beziehung der beiden Lösungen auf einander eindeutig umkehrbar ist.

Ferner ist wegen (14)

$$(-1)^{\frac{u-1}{2}} = -(-1)^{\frac{u'-1}{2}}.$$

Wenn daher die Lösung (u', g') die Bedingungen (11) erfüllt, so zerstören sich die in (13) auftretenden Glieder, welche den Lösungen (u, g) resp. $(u'\ g')$ entsprechen.

Nun zeigen wir, dass über den bis jetzt willkürlichen ganzzahligen Parameter a in eindeutiger Weise so verfügt werden kann, dass die Lösung (u', g') die Forderungen (11) befriedigt. Dann zerstören sich nach vorigem sämtliche Glieder in (13) paarweise, es ist $S_\varkappa = 0$, und der Beweis unserer Formel erledigt.

Da a eine ganze Zahl bedeutet, so sind die Bedingungen

$$\begin{aligned} u' &\equiv 1 \pmod 2 \\ g' &\equiv 0 \pmod 2 \end{aligned}$$

in (11) immer erfüllt. Die zwei übrigen Ungleichungen werden z[u] folgenden:

$$\left.\begin{aligned} \varphi(a) &= -u + 4\varkappa \cdot a - g - 4\varkappa a^2 + 2au > 0 \\ \psi(a) &= -u + 4\varkappa \cdot a + g + 4\varkappa a^2 - 2au > 0 \end{aligned}\right\}. \tag{1[6]}$$

Betrachtet man in diesen Ausdrücken a als Variable, so sind d[ie] Wurzeln der Gleichung

$$\varphi(a) = 0$$

gleich den Ausdrücken

$$\omega_1 = \frac{u + 2\varkappa + \sqrt{m}}{4\varkappa}; \quad \omega_2 = \frac{u + 2\varkappa - \sqrt{m}}{4\varkappa}; \tag{17}$$

wobei wir unter $\sqrt{m}$ immer den positiven Wert der Wurzel verstehen wollen.

Unter derselben Voraussetzung ergeben sich die Wurzeln Ω_1 und Ω_2 von $\psi(a) = 0$

zu:
$$\Omega_1 = \frac{u - 2\varkappa + \sqrt{m}}{4\varkappa}; \quad \Omega_2 = \frac{u - 2\varkappa - \sqrt{m}}{4\varkappa}. \tag{18}$$

Ferner ergeben sich noch die Gleichungen

$$\omega_1 = \Omega_1 + 1; \quad \omega_2 = \Omega_2 + 1, \tag{19}$$

sowie die Ungleichungen

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{\sqrt{m}}{2\varkappa} > 0; \quad \Omega_1 - \Omega_2 = \frac{\sqrt{m}}{2\varkappa} > 0. \tag{19'}$$

Die Funktion $\varphi(u)$ ist im Innern des Intervalles $(\omega_2, \ldots \omega_1)$ positiv, und nur dort; ebenso ist $\psi(u)$ grösser als null nur ausserhalb des Intervalles $(\Omega_2 \ldots \Omega_1)$, dort aber immer.

Nunmehr unterscheiden wir zwei Fälle, die eine gesonderte Behandlung erfordern.

1. Fall. Es sei $\sqrt{m} > 2\varkappa$.

Dann ergibt sich aus (17) und (18):

$$\omega_1 > \Omega_1 > \omega_2 > \Omega_2.$$

$\varphi(u)$ und $(\psi)(u)$ sind dann gleichzeitig positiv im Innern des Intervalles

$$(\Omega_1 \ldots \omega_1)$$

und nur dort. Nach (19) ist die Länge desselben gleich der Einheit, und es gibt daher eine eindeutig bestimmte ganze Zahl a, für die gleichzeitig

$$\varphi(a) > 0 \qquad \psi(a) > 0$$

wird, wie (16) es verlangt, vorausgesetzt, dass die Grenzen Ω_1 und ω_1 keine ganzen Zahlen seien. Dass dies nie der Fall ist, können wir leicht nachweisen.

Nehmen wir zu diesem Ende an, Ω_1 sei gleich der ganzen Zahl z. Nach (18) ist dann

$$z = \frac{u - 2\varkappa + \sqrt{m}}{4\varkappa},$$

woraus hervorgeht, dass in diesem Fall m das Quadrat einer (ungeraden) ganzen Zahl μ sein muss. Dann aber wird

$$\frac{u + \mu}{2\varkappa} = 2z + 1.$$

Aus $$m = \mu^2 = 4\varkappa^2 - 4\varkappa g + u^2$$

folgt aber $$\left(\frac{u + \mu}{2\varkappa}\right)(\mu - u) = 2(\varkappa - g),$$

oder $$(2z + 1)\left[(2z + 1) \cdot 2\varkappa - 2u\right] = 2(\varkappa - g).$$

Schreibt man dies in der Form

$$-\varkappa \cdot 4z \cdot (z+1) + u(2z+1) = g,$$

so sieht man, dass die linke Seite dieser Gleichung eine ungerade, die rechte Seite eine gerade Zahl ist. Der Widerspruch löst sich nur durch die Annahme, z sei keine ganze Zahl; dann gilt dasselbe aber auch von Ω_1 und $\omega_1 = \Omega_1 + 1$.

2. Fall. Es sei nun $\sqrt{m} < 2\varkappa$.
Dann ist

$$\omega_1 > \omega_2 > \Omega_1 > \Omega_2.$$

Ferner ist nach (18)

$$\Omega_1 \cdot \Omega_2 = \frac{1}{16\varkappa^2}(u^2 - 4\varkappa \cdot u + 4\varkappa^2 - m)$$

und wegen (12) und (11)

$$\Omega_1 \cdot \Omega_2 = \frac{g-u}{4\varkappa} < 0.$$

Es ist also $\Omega_1 > 0$ und $\Omega_2 < 0$, und daher $\omega_1 > 1$ und $\omega_2 < 1$. Die Funktionen $\varphi(u)$ und $\psi(u)$ sind gleichzeitig positiv im Innern des Intervalles

$$(\omega_1 \ldots \omega_2)$$

und nur dort. Nach (19') ist dasselbe kleiner als die Einheit, enthält somit höchstens einen ganzzahligen Wert a. Nach vorigem enthält es aber immer den Wert

$$a = 1$$

und es ist daher auch in diesem Fall die Zahl a eindeutig bestimmbar, so dass die Bedingungen (16) erfüllt werden.

Andere als die zwei besprochenen Fälle kommen nicht vor, da m eine ungerade Zahl ist.

Die Gleichung (4) ist daher in allen Fällen richtig. Sie lautet ausführlich:

$$\sum_{m = 4m'^2 + d''\delta''} (-1)^{m' + \frac{\delta'' - 1}{2}} \cdot \varphi\left(m' + \frac{d'' - \delta''}{4}\right) =$$

$$= \omega(m) \cdot (-1)^{\frac{\sqrt{m}-1}{2}} \cdot \sqrt{m} \cdot \varphi(0) \qquad \text{(XI } \sigma\text{)}$$

und bildet in dieser Form die Formel (σ) des 11. Artikels von Liouville [1]).

Aus ihr entsteht die Formel (τ) desselben Abschnittes, wenn man die willkürliche Funktion $\varphi(u)$ durch eine gerade Funktion f ersetzt.

---

[1]) Journ. de math., sér. 2, T. 4, pg. 281 ff.

§ 9.

Die von P. Pepin bewiesenen Liouville'schen Formeln [1]) reduzieren sich im wesentlichen auf vier, welche wir hier der Vollständigkeit wegen zusammenstellen wollen. Zugleich wollen wir zeigen, dass die Formel (d) des fünften Artikels, für die Pepin einen eigenen Beweis erbringt (loc. cit.), in der allgemeineren Formel (f) desselben Artikels enthalten ist.

1) Es sei m eine positive ungerade, α irgend eine positive Zahl. Wie immer bedeute $f(x, y)$ eine bezüglich beider Variabler gerade, und für alle auftretenden Argumente definierte Funktion.

Die Summe

$$S = \sum \{f(d' - d'', \delta' + \delta'') - f(\delta' + \delta'', d' - d'')\}$$

erstrecken wir über alle verschiedenen Lösungen der Gleichung

$$2^\alpha m = d' \delta' + d'' \delta''$$

in positiven ungeraden Zahlen. Des weitern betrachten wir die Zerlegungen der Zahl m in zwei positive (ungerade) Faktoren d und δ, und dehnen die Summe

$$S_1 = 2^{\alpha - 1} \cdot \sum d\,[f(0, 2^\alpha d) - f(2^\alpha d, 0)]$$

über sämtliche Lösungen von

$$m = d \cdot \delta \qquad \text{aus.}$$

Es ergibt sich dann die erste der vier erwähnten Beziehungen in der Form

$$S = S_1 \qquad \text{oder}$$

$$\sum \{f(d' - d'', \delta' + \delta'') - f(\delta' + \delta'', d' - d'')\} =$$
$$= 2^{\alpha - 1} \sum d\,\{f(0, 2^\alpha d) - f(2^\alpha d, 0)\}. \qquad \text{(II b)}$$

Dies ist die Gleichung (b) des zweiten Artikels, aus welcher sich alle übrigen Formeln der beiden ersten Artikel von Liouville ergeben [2]).

2) Sei $f(x, y)$ definiert wie vorhin, m sei irgend eine positive Zahl. Über sämtliche Lösungen der Gleichung

$$m = d' \cdot \delta' + d'' \cdot \delta'' \qquad (1)$$

in irgend welchen positiven ganzen Zahlen d', δ', d'', δ'' erstrecken wir die Summe

[1]) Journal de math., sér. 4, T. IV, pg. 83.
[2]) Journal de math., T. III, pg. 193.

$$S = \sum \{f(d' - d'', \delta' + \delta'') - f(d' + d'', \delta' - \delta'')\}.$$

m zerlegen wir nach der Gleichung

$$m = d \cdot \delta$$

in zwei positive, ungerade Faktoren, und dehnen die Summen

$$\begin{aligned} S_1 &= \sum (d-1)\{f(d, 0) - f(0, d)\} \\ S_2 &= \sum{}' \{f(\delta, 2) + f(\delta, 3) + \cdots + f(\delta, d-1)\} \\ S_3 &= \sum{}' \{f(2, \delta) + f(3, \delta) + \cdots + f(d-1, \delta)\} \end{aligned}$$

über alle solchen Zerlegungen aus. Der in S_2 auftretende Akzent soll andeuten, dass alle Glieder der Klammer, für welche das zweite Argument Teiler der in derselben Klammer auftretenden Zahl d ist, gleich null zu setzen sind. Eine entsprechende Bedeutung bezüglich des ersten Argumentes hat der Akzent in der Summe S_3.

Die Formel (f) des fünften Artikels drückt sich nunmehr aus in der Gleichung:

$$S = S_1 + 2\,S_2 - 2\,S_3,$$

oder[1])

$$\begin{aligned} \sum \{f(d' - d'', \delta' + \delta'') - f(d' + d'', \delta' - \delta'')\} &= \\ = \sum (d-1)\{f(0, d) - f(d, 0)\} &+ \\ + 2\sum{}' \{f(\delta, 2) + f(\delta, 3) + \cdots + f(\delta, d-1)\} &- \\ - 2\sum{}' \{f(2, \delta) + \cdots + f(d-1, \delta)\}. & \qquad \text{(V f)} \end{aligned}$$

Nunmehr nehmen wir an, m sei ungerade.

Von den zwei Zahlen

$$m' = d' \cdot \delta' \qquad m'' = d'' \cdot \delta''$$

ist dann immer eine gerade, die andere ungerade. m' durchläuft die Werte

$$m' = 1, 2, 3, \ldots m - 1$$

und wegen (1) ist jeweilen

$$m'' = m - 1, m - 2, \ldots . 2, 1.$$

Da die Funktion $f(x, y)$ gerade ist, so darf in der Summe S von (V f) immer d' mit d'', und δ' mit δ'' vertauscht werden, ohne dass sich der Wert irgend eines Gliedes änderte. Dem entspricht aber in der Zerlegungsgleichung

$$m = d' \cdot \delta'' + d'' \cdot \delta'' = m' + m''$$

[1]) Journ. de math., T. III, 1858, pg. 284.

eine Vertauschung von m' mit m''. Nehmen wir eine solche immer dann vor, wenn m' gerade ist, so ändert sich sonach in S nichts. Man kann also die Summe S statt über die Lösungen von (1) zweimal über die Lösungen der Gleichung

$$m = m' + m'' = d'\,\delta' + d''\,\delta'' \qquad m' \equiv 1 \; (2)$$

ausdehnen, in welcher m' nunmehr nur ungerade, m'' also nur gerade positive Zahlen bedeutet. Extrahieren wir aus m'' den ungeraden Faktor, indem wir setzen

$$m'' = 2^{\alpha_2} \cdot m_2 = 2^{\alpha_2} \cdot d_2 \cdot \delta_2 \qquad m_2 \equiv 1 \; (2)$$

und schreiben wir für die ungeraden Faktoren d' und δ' von m' in der Folge d_1 resp. δ_1, so ergibt sich die neue Zerlegungsgleichung

$$m = d_1 \cdot \delta_1 + 2^{\alpha_2} d_2 \cdot \delta_2 \tag{2}$$

und die Summe S ist zweimal über die Lösungen dieser Gleichung zu erstrecken.

Nun definieren wir

$$f(x, y) = 0,$$

wenn das zweite Argument y eine ungerade Zahl ist. Für gerade Werte y machen wir keine neue Voraussetzung.

Hieraus folgt dann, dass wir bloss verschwindende Glieder vernachlässigen, wenn wir S nur über diejenigen Zerlegungen ausdehnen, für welche

$$\delta' - \delta'' \equiv 0. \quad (\text{mod } 2)$$

Da aber

$$\delta' = \delta_1 \equiv 1 \quad (\text{mod } 2)$$

ist, so folgt, dass wir

$$\delta'' = \delta_2 \equiv 1 \quad (\text{mod } 2)$$

setzen dürfen, was die neue Gleichung

$$d'' = 2^{\alpha_2} \cdot d_2$$

zur Folge hat. Es wird dann die Summe S zu

$$S = 2 \sum \{ f(d_1 - 2^{\alpha_2} d_2, \delta_1 + \delta_2) - f(d_1 + 2^{\alpha_2} d_2, \delta_1 - \delta_2) \}, \tag{3}$$

welche Summe einfach über die Lösungen von (2) auszudehnen ist.

In der Summe S_1 der Formel (f) fallen, da d Teiler von m, also ungerade ist, alle Glieder von der Form

$$f(0, d)$$

weg, und es wird S_1 zu

$$S_1 = -\sum (d - 1) f(d, 0). \tag{4}$$

In der Summe S_2 sind auch nur die Glieder zu berücksichtigen, deren zweites Argument gerade ist, und da ein solches nie Teiler der ungeraden Zahl d sein kann, so darf man den Akzent, resp. die hiedurch angedeutete Beschränkung unterdrücken. Es wird alsdann S_2 zu

$$S_2' = \sum \{f(\delta, 2) + f(\delta, 4) + \cdots + f(\delta, d-1)\}.$$

Da in der Summe S_3 alle zweiten Argumente, weil Teiler der ungeraden Zahl m, ungerade Zahlen bedeuten, so verschwindet Glied für Glied jenes Ausdruckes, und es ist also

$$S_3 = 0.$$

Beachtet man noch, dass die Gleichung

$$\sum_{m=d\cdot\delta} f(\delta, \varkappa) = \sum_{m=d\cdot\delta} f(d, \varkappa)$$

besteht, sobald $\varkappa$ eine konstante Zahl ist, so geht die Gleichung

$$S = S_1 + 2S_2 - 2S_3$$

über in

$$S' = S_1' + 2S_2'$$

oder in die folgende[1]):

$$2\sum\{f(d_1 - 2^{\alpha_2} d_2, \delta_1 + \delta_2) - f(d_1 + 2^{\alpha_2} d_2, \delta_1 - \delta_2)\} = \quad (V\ d)$$
$$= \sum\{f(d, 0) + 2f(d, 2) + 2f(d, 4) + \cdots + 2f(d, \delta - 1) - d \cdot f(d, 0)\}.$$

Links ist über die Zerlegungen

$$m = d_1\,\delta_1 + 2^{\alpha_2} d_2 \cdot \delta_2,$$

rechts über die Lösungen von

$$m = d \cdot \delta$$

zu summieren. Alle Zahlen d, δ sind positiv ungerade.

Dies ist aber, abgesehen von der Bezeichnung, die von Liouville unter (d) im fünften Artikel gegebene Beziehung.

3. Die zwei übrigen Formeln, welche von Pepin bewiesen worden sind, und die den Inhalt der zwei letzten Artikel der «formules générales» bilden, beziehen sich beide auf dieselben zwei Zerlegungen der ungeraden Zahl m, resp. des doppelten dieser Zahl, und zwar sind es die Zerlegungen

$$m = d_1\,\delta_1 + 2^{\alpha_2} d_2 \cdot \delta_2 \qquad (1)$$
$$2m = d' \cdot \delta' + d'' \cdot \delta'', \qquad (2)$$

[1]) Journ. de math., 2e sér., T. III, 1858, pg. 274 und Pepin, l. c.

in welchen mit Ausnahme der beliebigen positiven Zahl α_2 alle Grössen positiv und ungerade sind.

Bezeichnet $\mathfrak{F}(x, y)$ eine für alle auftretenden Werte der Argumente definierte Funktion, die die Bedingungen

$$\mathfrak{F}(x, y) = -\mathfrak{F}(-x, y) = +\mathfrak{F}(x, -y); \quad \mathfrak{F}(0, y) = 0$$

genügt, so kann die Hauptformel des 18. Artikels[1]) in der Gestalt notiert werden:

$$\begin{aligned} &\sum_{(2)} (-1)^{\frac{d''-1}{2}} \{\mathfrak{F}(d' + d'', \delta' - \delta'') + \mathfrak{F}(d' - d'', \delta' + \delta'')\} = \\ &= \sum_{(3)} \mathfrak{F}(2d, 0) + 4 \sum_{(1)} (-1)^{\frac{\delta_2 - 1}{2}} \cdot \mathfrak{F}(2d_1, 2^{\alpha_2+1} d_2), \end{aligned} \quad \text{(XVIII)}$$

wobei die erste Summe rechter Hand wie früher über die Lösungen von

$$m = d \cdot \delta \quad (3)$$

in positiven Zahlen zu erstrecken ist.

Es sei nun $\psi(x, y)$ eine für sämtliche zur Anwendung gelangenden Argumentwerte definierte Funktion, für welche

$$\psi(x, y) = \psi(y, x) = \psi(-x, y) = \psi(x, -y).$$

Dann stellt sich die Hauptformel des Artikels XVII[2]) dar in der Gleichung

$$\begin{aligned} &\sum_{(2)} (-1)^{\frac{\delta'-1}{2} + \frac{d''-1}{2}} \cdot \psi(d' - d'', \delta' + \delta'') = \\ &= \sum_{(3)} (-1)^{\frac{\delta-1}{2}} \psi(0, 2d) + 4 \sum_{(1)} (-1)^{\frac{\delta_1-1}{2} + \frac{\delta_2-1}{2}} \cdot \psi(2d_1, 2^{\alpha_2+1} d_2). \end{aligned} \quad \text{(XVII)}$$

Die Summation ist jeweilen über die unter dem Summenzeichen angedeutete Zerlegungsgleichung auszudehnen.

Hiemit ist die Zusammenstellung der Formeln vollendet. Wie man aus den Gleichungen (II b) und (V f) sämtliche übrigen Relationen der ersten fünf Liouville'schen Artikel, sowie aus (XVIII) die Formel (L) des sechsten Artikels herleiten kann, ist teils bei Liouville, teils bei Pepin nachzulesen, teils sind diese Herleitungen so einfach, dass sie sich ohne weiteres darbieten.

---

[1]) Journal de math., 2e sér., T. X. 1865, pg. 169.
[2]) Journal de math., 2e sér., T. X, pg. 135.

§ 10.

Um die Anwendbarkeit Liouville'scher Formeln auf zahlentheoretische Probleme zu demonstrieren, wollen wir zum Schluss mit ihrer Hülfe eine der von Kronecker[1]) zuerst aufgestellten Klassenzahlrelationen auf arithmetischem Wege herleiten. Wir stützen uns dabei auf die Angaben, welche Liouville[2]) über den einzuschlagenden Weg gemacht hat, und beweisen zunächst einen von ihm ausgesprochenen Hülfssatz, welcher für einen einfachern Fall von Hermite[3]) gegeben worden ist.

Sei n eine positive Zahl von der Form

$$n = 4\nu + 1. \tag{1}$$

Die Zahlen d_2, δ_2 und d seien auch positiv, die erstern zwei ungerade. $F(n)$ sei die Anzahl der Klassen quadratischer Formen von der Determinante $(-n)$ und positiven äussern Koeffizienten, von denen wenigstens einer ungerade sein soll.

Dann gilt der Satz:

Ist $\mathfrak{A}$ die Anzahl der Lösungen der Gleichung

$$n = d_2 \cdot \delta_2 + 2d(d_2 + \delta_2), \tag{2}$$

$\zeta(n)$ die Anzahl der Divisoren von n, und hat $\omega(n)$ die frühere Bedeutung, so besteht die Relation:

$$F(n) = \mathfrak{A} + \frac{1}{2}\{\zeta(n) + \omega(n)\}. \tag{3}$$

Aus (2) und (1) folgt zunächst

$$d_2 \equiv \delta_2 \pmod 4.$$

[1]) Kronecker: Crelle, Bd. 57, pag. 248; Journ. de math., sér. 2, T. V, pag. 289. Über Klassenzahlrelationen vergleiche man ferner die Arbeiten von:

Gierster: Über Relationen zwischen Klassenzahlen etc., Math. Ann., Bde. XVII, XXI u. XXII und die dort gegebenen Zitate, ferner die unter demselben Titel erschienene Abhandlung von:

A. Hurwitz in den math. Ann., Bd. XXV. sowie die zusammenfassende Darstellung in:

Klein-Fricke, Theorie der ellipt. Modulfunktionen, Bd. II, Leipzig 1892.

H. J. S. Smith in seinem Report on the theory of numbers, Art. 136, leitet eine zu der im Text gegebenen verwandte Relation ab, und benutzt dabei nur die auf rein arithmetischer Basis beruhenden Liouville'schen Formeln, im Gegensatz zu den übrigen Autoren, die sich durchwegs der Theorie der Modulfunktionen, also hoch transzendenter Hülfsmittel bedienen.

[2]) Liouville: Journal de math., sér. 2, T. 7, pag. 46.

[3]) Hermite: Comptes rendus. Vol. 53, 1861; Journal de math., sér. 2, T. V, pag. 32, ff.

Setzt man
$$\left.\begin{aligned} d_2 + \delta_2 &= 2u \\ d_2 - \delta_2 &= 4z \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

so bedeutet u eine ungerade, z irgend eine ganze Zahl und weil

$$\begin{aligned} d_2 &= u + 2z > 0 \\ \delta_2 &= u - 2z > 0 \end{aligned}$$

so sind z und u durch die Ungleichung

$$u > |2z| \tag{5}$$

mit einander verbunden. Die Gleichung (2) geht nun über in

$$u(u + 4d) - 4z^2 = n, \tag{2'}$$

aus welcher sich der Beweis des Satzes ergibt.

1. Jeder Lösung von (2'), für die

$$|4z| < u \tag{I}$$

ist, ordnen wir die Form

$$(u, 2z, u + 4d) \tag{6}$$

zu. Sie hat die Determinante $(-n)$, und ist wegen

$$2|2z| < u < u + 4d$$

reduziert. Da d alle positiven, u alle positiven ungeraden mit (2') verträglichen Werte annehmen darf, so sind durch (6) alle reduzierten Formen dargestellt, deren Determinante $= -n$, deren mittlerer Koeffizient gerade oder null ist, und deren äussere Koeffizienten positiv, ungerade und ungleich sind. Ihre Anzahl, die mit der Zahl der Lösungen (I) übereinstimmt, sei Z_1.

2. Nun ordnen wir ferner den Lösungen von (2'), für welche

$$4z > u$$

ist, die quadratischen Formen

$$(u, u - 2z, 2u - 4z + 4d) \tag{6'}$$

zu, deren Determinante $(-n)$ ist. Aus

$$0 < u;\ 2z < u < 4z$$

folgt

$$0 < u;\ 0 < u - 2z;\ 0 < 2u + 4d - 4z;$$

und

$$u - 2(u - 2z) > 0;\ (2u - 4z + 4d) - 2(u - 2z) = 4d > 0.$$

Es ist daher (6′) der Inbegriff derjenigen Formen

$$(A,\ B,\ C),$$

welche den Bedingungen

$$\left.\begin{array}{c} A>0;\ B>0;\ C>0;\ AC-B^2=n \\ 2B<A;\ 2B<C;\ B\equiv 1 \pmod 2 \end{array}\right\} \quad (7)$$

genügen.

3. In dem allein noch nicht behandelten Fall, dass

$$-4z>u$$

ist, lassen wir jeder Lösung von (2′) die Form

$$(u,\ u+2z,\ 2u+4z+4d) \quad (6'')$$

entsprechen, welche aus 6′ entsteht, indem man z in $(-z)$ verwandelt. Die Anzahl Z_2 der Formen (6″) ist sonach gleich derjenigen der Formen (6′).

Vertauscht man nun in (6′) jedesmal die äussern Koeffizienten, wenn der erste grösser ist, als der dritte, so entsteht ein Formensystem

$$(A, B, C),$$

für welches die Bedingungen

$$A>0;\ B>0;\ C>0;\ B\equiv 1 \pmod 2;\ 2B<A<C;\ AC-B^2=n$$

erfüllt sind, und das Z_2 Glieder enthält; fügt man zu diesem noch das aus gleich viel Gliedern bestehende System, welches durch Vertauschen von B mit $(-B)$ aus ihm hervorgeht, so erfüllen diese $2Z_2$ Formen die Bedingungen

$$A>0;\ C>0;\ B\equiv 1 \pmod 2;\quad 2|B|<A<C;\ AC-B^2=n.$$

Mit den Formen (6) bilden diese aber das System aller reduzierten quadratischen Formen der Determinante $(-n)$ und positiven und nicht gleichzeitig geraden äussern Koeffizienten, für welche keine der Ungleichungen

$$|2B|<A<C$$

in eine Gleichung übergeht. Ihre Anzahl Z_1+2Z_2 ist gleich der Zahl $\mathfrak{A}$ der Lösungen von (2′) resp. (2).

Um sie zu der Zahl $F(n)$ sämtlicher reduzierter Formen zu ergänzen, haben wir noch die Formen

$$(A, B, A);\quad 2|B|\leq A;\ B\geq 0 \quad (8)$$

und

$$(2B, B, C):\ 0<2B<C \quad (9)$$

ihrer Zahl nach hinzuzufügen.

Wenn es deren im ganzen Z_3 gibt, so ist dann

$$F(n) = Z_1 + 2\,Z_2 + Z_3 = \mathfrak{A} + Z_3.$$

Im Falle der Formen (8) ist aber

$$n = (A + B)(A - B) = A^2 - B^2$$

und da beide Faktoren positiv sind, darf man setzen

$$\left.\begin{aligned} A + B &= d \\ A - B &= \delta \end{aligned}\right\} (n = d \cdot \delta),$$

wo d und δ alle konjugierten Teiler von n zu durchlaufen haben.

Es wird

$$\begin{aligned} 2\,A &= d + \delta \\ 2\,B &= d - \delta, \end{aligned}$$

und wegen

$$0 \leqq 2\,B < A$$

unterliegen d und δ der Beschränkung

$$\delta \leqq d < 3\,\delta. \tag{10}$$

Im Falle der Formen (9) ist

$$n = B\,(2\,C - B),$$

und da wieder beide Faktoren grösser als null sind, darf

$$\left.\begin{aligned} B &= \delta \\ 2\,C - B &= d \end{aligned}\right\} (n = d \cdot \delta)$$

gesetzt werden.

Die Bedingung $A < C$ geht dann über in

$$3\,\delta < d, \tag{10'}$$

und die Anzahl der Formen (9) ist der Zahl der diese Ungleichung befriedigenden Lösungen von

$$n = d \cdot \delta \tag{11}$$

gleich.

Nun kann wegen (1) der Fall

$$d = 3\,\delta$$

nicht eintreten. Jeder Teiler d von n erfüllt daher eine der Bedingungen

$$d < 3\,\delta \qquad d > 3\,\delta$$

und liefert daher eine Lösung (10) oder (10'), ausser wenn

$$d < \delta$$

sein sollte.

Die Anzahl dieser letztern Lösungen von (11) ist aber

$$\frac{1}{2}\Big[\zeta(n)-\omega(n)\Big],$$

die Zahl aller Lösungen von (11) ist $\zeta(n)$, und es ergibt sich sonach für die Zahl Z_3 der Formen (8) und (9)

$$Z_3=\frac{1}{2}\Big\{\zeta(n)+\omega(n)\Big\}.$$

Gemäss der Gleichung

$$F(n)=\mathfrak{A}+Z_3$$

wird daher

$$F(n)=\mathfrak{A}+\frac{1}{2}\Big\{\zeta(n)+\omega(n)\Big\} \qquad \text{w. z. b. w.}$$

Wir gehen nunmehr an die Herleitung der erwähnten Klassenzahlrelation.

Sei d_3 eine positive ungerade Zahl, $f(x)$ eine gerade Funktion. Dann ist

$$\mathfrak{F}(x)=f(x-d_3)-f(x+d_3)$$

eine ungerade Funktion, und

$$\mathfrak{F}(0)=0.$$

Führen wir dieselbe in die Formel (A_2) pg. 37 ein, so ergibt sich die Gleichung

$$\sum\{f(2m'+d''-d_3)-f(2m'+d''+d_3)\}=$$
$$=\sum\Big\{f\Big(\frac{d_2+\delta_2}{2}-d_3\Big)-f\Big(\frac{d_2+\delta_2}{2}+d_3\Big)\Big\}. \qquad (12)$$

Die Summe links ist über die Lösungen von

$$n=2m'^2+d''\delta'' \qquad m'\gtreqless 0;\ d'',\delta''>0;\ d''\equiv\delta''\equiv 1\ (2).$$

die zweite über diejenigen von

$$2n=m_1^2+d_2\delta_2$$

zu erstrecken. n bedeutet eine ungerade Zahl.

Setzen wir

$$n=m-2^{\alpha_3}\cdot d_3\cdot\delta_3 \qquad \alpha_3>0, \qquad (13)$$

wo m eine feste und wieder ungerade Zahl sein soll, und addieren wir alle für sämtliche Lösungen von (13) in positiv ungeraden Zahlen n, d_3, δ_3 und positiven Werten α_3 gebildeten Summengleichungen (12), so schreibt sich das Resultat in derselben Form (12), aber die linke Seite ist nun über alle Lösungen von

$$m-2m'^2=d''\delta''+2^{\alpha_3}d_3\delta_3 \qquad (14)$$

und die rechte über die Lösungen von

$$2m = m_1^2 + d_2\delta_2 + 2^{\alpha_3+1}\cdot d_3\cdot\delta_3 \tag{15}$$

zu summieren.

Nun kann die linke Seite der Gleichung (12) nach einer aus der Formel (V d) pg. 54 deduzierbaren Gleichung vereinfacht werden. Man setze in (V d) statt $f(x, y)$ eine gerade Funktion $f(y)$ des zweiten Arguments. So ergibt sich mit der dortigen Bezeichnung:

$$2\sum_{n=d_1\delta_1+2^{\alpha_2}d_2\delta_2}\{f(\delta_1+\delta_2)-f(\delta_1-\delta_2)\} =$$
$$= \sum_{n=d\cdot\delta}\{f(0)+2f(2)+2f(4)+\cdot+2f(\delta-1)\} - \sum_{n=d\cdot\delta} d\cdot f(0). \tag{16}$$

Nun beachte man, dass auf der linken Seite S der Gleichung (12) jeweilen die Glieder, die zu entgegengesetzt gleichen Werten von m' gehören, zusammengefasst werden können, und dass

$$f(x+m') + f(x-m')$$

und im Falle $m' = 0$

$$f(x+0)$$

eine gerade Funktion von x ist. Man erhält so eine Summe S, die gleich gebaut ist, wie diejenige der linken Seite von (16), und sich auf dieselbe Zerlegungsart (14) bezieht. Nach (16) wird also

$$S = \frac{1}{2}\sum_{m'}\Big\{f(2m')\sum d^* -$$
$$-\sum\left(f(2m') + 2f(2m'+2) + \cdots + 2f(2m'+d^*-1)\right)\Big\}$$

wo d^* alle Teiler der Zahl $(m - 2m'^2)$ zu durchlaufen hat, und wo das vor die geschwungene Klammer gesetzte Summenzeichen andeutet, dass m' der Reihe nach alle Zahlen zu durchlaufen hat, für die

$$m - 2m'^2$$

positiv ausfällt.

Jetzt definieren wir

$$\left.\begin{aligned} f(x) &= 0 \quad \text{wenn } x \neq 0 \\ f(x) &= 1 \quad \text{wenn } x = 0 \end{aligned}\right\}. \tag{α}$$

Dann werden in der Summe (14) auf der rechten Seite R alle Glieder von der Form

$$f\left(\frac{d_2+\delta_2}{2} + d_3\right)$$

zu null. Dasselbe geschieht mit denjenigen Gliedern

$$f\left(\frac{d_2+\delta_2}{2} - d_3\right)$$

für welche

$$d_2 + \delta_2 \neq 2d_3$$

während so oft die Zahl 1 auftritt, als Lösungen von (15) existieren, für welche

$$d_2 + \delta_2 = 2\, d_3$$

wird. Dieselben sind aber mit den Lösungen von

$$2\, m - m_1^2 = d_2 \cdot \delta_2 + 2^{d_3} \delta_3 \,(d_2 + \delta_2) \tag{17}$$

identisch, und da

$$2\, m - m_1^2 \equiv 1 \pmod 4$$

ist, so stimmt diese letztere Gleichung mit der Gleichung (2) des anfangs bewiesenen Hülfssatzes überein. Die Summe R in (12) wird sonach gleich der Anzahl der Lösungen von (17), oder nach (3) gleich

$$\sum_{m_1} F\,(2\, m - m_1^2) - \frac{1}{2} \sum_{m_1} \zeta\,(2\, m - m_1^2) - \frac{1}{2} \sum_{m_1} \omega\,(2\, m - m_1^2).$$

Hiebei ist über alle positiven ungeraden Werte von m_1, für die

$$2\, m - m_1^2 > 0$$

ist, zu summieren. Aber

$$\sum_{m_1} \omega\,(2\, m - m_1^2)$$

gibt an, wie oft $2\, m$ als Summe zweier Quadrate darstellbar ist, und nach bekannten Sätzen ist

$$\sum_{m_1} \omega\,(2\, m - m_1^2) = \sum_{m = d \cdot \delta} (-1)^{\frac{d-1}{2}} = \varrho\,(m).$$

Daher wird

$$R = \sum_{m_1} F\,(2\, m - m_1^2) - \frac{1}{2} \sum \zeta\,(2\, m - m_1^2) - \frac{1}{2}\, \varrho\,(m). \tag{18}$$

Nun ist die Definition (α) auch im Ausdruck S der linken Seite von (14) einzuführen und nachher

$$S = R$$

zu setzen. Die Summe

$$\sum_{m'} f\,(2\, m') \cdot \sum d^*$$

wird nur für $m' = 0$ ein von null verschiedenes Glied erzeugen, und zwar hat jenes den Ausdruck:

$$\sum_{m = d \cdot \delta} d = \zeta_1\,(m), \tag{19}$$

da die Teiler d^* in die Teiler d von m übergehen.

Das erste Glied $f\,(2\, m')$ in der Summe

$$S_1 = \sum_{m'} \left\{ \sum \left(f\,(2\, m') + 2 f\,(2\, m' + 2) + \cdots + 2 f\,(2\, m' + d^* - 1) \right) \right.$$

wird nur für $m' = 0$ zu 1, und zwar tritt es dann so oft auf, als

Teiler $d^* = d$ von m existieren; es liefert sonach an S_1 den Beitrag

$$\zeta(m). \tag{19'}$$

Die Argumente

$$2m' + 2,\ 2m' + 4,\ 2m' + d^* - 1$$

der übrigen Glieder in S_1 sind alle positiv, wenn $m' > 0$, alle negativ, wenn $2m' + d^* < 0$ ist, und in beiden Fällen verschwindet die ganze geschweifte Klammer. Ist aber

$$2m' + d^* > 0,\ m' < 0,$$

so ist immer eines, und nur eines der Argumente gleich null, und die Klammer hat jeweilen den Wert 2. Es wird demnach

$$S_1 = 2 \cdot L\binom{2m' + d^* > 0}{m' < 0} + \zeta(m) \tag{19''}$$

wo L die Anzahl der Lösungen der Gleichung

$$m = 2m'^2 + d^* \delta^*$$

mit den beigesetzten Bedingungen bedeutet. Damit geht aber der Ausdruck für S über in

$$S = \frac{1}{2}\zeta_1(m) - L\binom{2m' + d^* > 0}{m' < 0} - \frac{1}{2}\zeta(m). \tag{20}$$

Wir vereinfachen weiter, indem wir den auf pag. 39 in § 5 abgeleiteten Hülfssatz verwenden, wonach

$$L(2m' + d^* > 0) - L(2m' + d^* < 0) = L_1, \tag{21}$$

und L_1 die Anzahl der Lösungen von

$$2m = m_1^2 + d_2\delta_2$$

in ungeraden positiven Zahlen bezeichnet. Nun ist aber wegen

$$2m - m_1^2 = d_2 \cdot \delta_2$$

offenbar

$$L_1 = \sum_{m_1} \zeta(2m - m_1^2).$$

Ferner ergibt sich sofort die Relation:

$$L(2m' + d^* > 0) = L\binom{2m' + d^* > 0}{m' > 0} + L\binom{2m' + d^* > 0}{m' < 0} + \zeta(m)$$

und wenn man dies in (21) einsetzt, folgt die neue Gleichung

$$L\binom{2m' + d^* > 0}{m' < 0} = \sum_{m_1}\zeta(2m - m_1^2) + L(2m' + d^* < 0) -$$

$$L\binom{2m' + d^* > 0}{m' > 0} - \zeta(m).$$

Ersetzt man in (20) die Hälfte von

$$L\binom{2\,m' + d^* > 0}{m' < 0}$$

durch die Hälfte dieses Ausdrucks, so ergibt sich:

$$S = \frac{1}{2}\left\{\zeta_1(m) - \zeta(m) - \sum \zeta(2\,m - m_1^2) - L(2\,m' + d^* < 0) + \right. \\ \left. + L\binom{2\,m' + d^* > 0}{m' > 0} + \zeta(m) - L\binom{2\,m' + d^* > 0}{m' < 0}\right\} \tag{22}$$

Aber die ungerade Zahl

$$2\,m' + d^*$$

ist nie null, und es ist ferner

$$L(2\,m' + d^* < 0) = L\binom{2\,m' + d^* < 0}{m' < 0}.$$

Dann aber kann man

$$L\binom{2\,m' + d^* > 0}{m' < 0} \text{ und } L\binom{2\,m' + d^* < 0}{m' < 0}$$

zusammenfassen zu

$$L(m' < 0).$$

Anderseits darf für

$$L\binom{2\,m' + d^* > 0}{m' > 0}$$

der einfachere Ausdruck $L\,(m' > 0)$ gesetzt werden.

Beachtet man endlich noch, dass

$$L(m' > 0) = L(m' < 0),$$

so geht der Ausdruck (22) über in

$$S = \frac{1}{2}\,\zeta_1\,(m) - \frac{1}{2}\sum_{m_1} \zeta_1\,(2\,m - m_1^2).$$

Setzt man endlich diesen und den Ausdruck (18) in die Gleichung

$$S = R$$

ein, so erhält dieselbe die definitive Gestalt:

$$\sum_{m_1 = 1, 3, 5}^{m_1^2 < 2\,m} F\,(2\,m - m_1^2) = \frac{1}{2}\left\{\zeta_1\,(m) + \varrho\,(m)\right\}.$$

Dies ist aber die Klassenzahlrelation, welche wir herleiten wollten.

Über Chlorophyll und Xanthophyll.

Von

R. WILLSTÄTTER.

Die ältesten Versuche über Blattgrün von Pelletier und Caventou und von Berzelius haben auf die Isolierung von Chlorophyll hingezielt, ähnlich, wie sonst pflanzliche Farbstoffe oder auch Alkaloïde gewonnen werden. Die Versuche sind fehlgeschlagen, und ihr Ziel ist bis heute nicht erreicht worden. Es liegen da besondere Schwierigkeiten vor: Chlorophyll ist indifferent, es gibt keine Verbindungen; so haben wir kein chemisches Mittel, es aus dem Gemisch mit gelben Verbindungen, mit Phytosterinen, Wachsen u. a. herauszuholen, die sich in unseren Extrakten finden, und namentlich ist das Chlorophyll auch sehr zersetzlich. Sobald man Verbindungen von Chlorophyll herstellt, z. B. Salze, so hat man kein Chlorophyll mehr in Händen; so hat der Physiker Hartley bis in die jüngste Zeit eine Baryumverbindung benützt, um für die Spektralanalyse Reinchlorophyll darzustellen, sein Produkt ist aber verseiftes Chlorophyll. Deshalb muss man sich darauf beschränken, grüne Blätterextrakte durch Verteilung der gelösten Stoffe zwischen verschiedenen Lösungsmitteln zu fraktionieren; nach der Methode von G. Kraus bringt man beim Schütteln des alkoholischen Extraktes mit Benzol oder Benzin in dieses das Chlorophyll, während die gelben Begleiter im Alkohol bleiben. Ähnlich verwendet man nach Sorby Schwefelkohlenstoff. Auf diese Weise kann man Lösungen bereiten, in denen Chlorophyll noch nicht verdorben sein mag, aber auch keineswegs rein sein kann. Wenn man nun auch den reinen Stoff als Ausgangsmaterial nicht kennt, ist doch der Abbau des Chlorophylls in Angriff genommen worden in langjährigen, mühevollen Untersuchungen von Hoppe-Seyler, Tschirch und namentlich von Schunck und Marchlewski, etwa in der Zeit von 1879 bis gegen 1900. Und der Abbau hat mit einer Reihe von Ver-

bindungen, unter denen sich schöne, krystallisierende Substanzen finden, zu einem sehr merkwürdigen Resultat geführt: zur Kenntnis von Beziehungen zwischen Blatt- und Blutfarbstoff.

Chlorophyll wird durch alkoholische Chlorwasserstoffsäure in Phylloxanthin umgewandelt, dessen Zusammensetzung nicht angegeben worden ist, und weiterhin durch konzentrierte Salzsäure in Phyllocyanin; durch Alkalien wird dieses in das krystallisierte Phyllotaonin übergeführt. Daraus entstand beim Erhitzen mit alkoholischem Kali auf 190° Phylloporphyrin.

Phylloxanthin
↓
Phyllocyanin
↓
Phyllotaonin, $C_{40} H_{40} O_6 N_6$
↓
Phylloporphyrin, $(C_{16} H_{18} O N_2) x$

Dieses Endprodukt steht nun einem eisenfreien Abbauprodukt des Blutfarbstoffs sehr nahe, dem Hæmatoporphyrin $(C_{16} H_{18} O_3 N_2) x$ von Hoppe-Seyler und von Nencki und Sieber. Namentlich in den Absorptionsspektren stimmen diese Porphyrine beinahe überein. Schliesslich hat im Jahre 1901 Nencki mit Zaleski und Marchlewski gemeinsam Hæmin und Phyllocyanin sogar wahrscheinlich zu identischen Produkten abbauen können, dem Hæmopyrrol, einer Pyrrolbase, der (mit der Voraussetzung, dass eine einheitliche Substanz vorliegt) die Formel $C_8 H_{13} N$ zugeschrieben worden ist. Nach den letzten Untersuchungen von Küster liegt übrigens ein Gemisch mindestens von zwei Verbindungen im Hæmopyrrol vor, von denen die eine nur basischen, die andere auch saueren Charakter zeigt. In allen, auch in den letzten Phasen dieses Abbaus liegen noch grosse Unsicherheiten; immerhin steht das wichtige Ergebnis fest: aus Hæmatin und Chlorophyll kann man ähnliche Spaltungsprodukte erhalten.

Über die Natur des ganzen Chlorophyllmoleküles gewinnen wir aus den angeführten Umwandlungen noch kein Bild. Aber angedeutet finden wir eine Vorstellung bei Hoppe-Seyler. Sein Chlorophyllan, ein durch Säurewirkung modifiziertes Chlorophyll, enthielt 1.38 Proc. Phosphor. Anscheinend handelte es sich nicht um eine Verunreinigung, sondern es erschien wahrscheinlich, dass das Chlorophyll eine Verbindung des Lecithins oder selbst eine lecithinartige Verbindung sei. Diese Hypothese hat in den neunziger Jahren Stoklasa aufgegriffen und nachdrücklich vertreten. Er hat durch Entmischen von alkoholischen Grasextrakten mit Benzol ein Chloropyllpräparat (Chlorolecithin) hergestellt, das fast so viel Phosphor enthielt als

Lecithin. Diese Angaben sind aber irrtümlich. Wenn man nach der Methode von Kraus, am besten durch Verteilung zwischen Holzgeist und Benzin, Chlorophyll reinigt, so findet man gar keinen Phosphor darin beim Verarbeiten getrockneter Blätter und nur Spuren bei Extrakten aus frischem Material. Und mit einer neuen Methode Chlorophylllösungen zu reinigen, findet man das Resultat bestätigt. Vermischt man alkoholische Chlorophylllösungen mit Wasser, so erhält man kolloïdale Lösungen, die an Äther ohne weiteres nichts Grünes abgeben; man kann aber das Chlorophyll aussalzen und es so frei von Phosphor erhalten. Der Satz Stoklasas „ohne Phosphor kein Chlorophyll" ist hinfällig.

So fehlt es also an einer Vorstellung von der chemischen Natur des Chlorophylls. Man sieht leicht (obwohl auch das eine vielumstrittene Frage ist), dass es weder basische noch sauere Eigenschaften besitzt. Aber es wird Base und Säure bei der Hydrolyse, sei es durch Alkali oder Säure. Da handelt es sich um zwei Spaltungsreaktionen, die schon äusserlich ganz verschieden sind; Alkalien machen Chlorophyll alkalilöslich und dabei bleibt die Farbe erhalten, chlorophyllgrün; Säuren bewirken ein Umschlagen der Farbe in Olivgrün.

Was die Alkalien vom Chlorophyll wegnehmen, das können wir auffinden in den durch Säurewirkung entstehenden Umwandlungsprodukten; und was andererseits schon bei der gelindesten Einwirkung von Säure am Chlorophyll zerstört wird, das zeigt sich intakt an den in alkalischen Medien gebildeten Chlorophyllderivaten. Das ist die Methode, mit der wir an die Untersuchung des Chlorophylls herantreten, ohne das Chlorophyll selbst zu kennen.

Die Säurespaltung des Chlorophylls, wofür gewöhnlich konzentrierte wässrige oder alkoholische Salzsäure gedient hat, bewirken wir durch Versetzen der alkoholischen Extrakte mit Oxalsäure. So bekommt man leicht ein aschefreies Produkt von konstanten Eigenschaften; es ist in Alkohol fast unlöslich und kann daher gut gereinigt werden. Es erinnert an das mit Salzsäure dargestellten Phylloxanthin, aber identisch ist es nicht damit; es soll als Phæophytin bezeichnet werden (im Hinblick auf die olivenbraune Farbe seiner Lösungen). Für ein bestimmtes Pflanzenmaterial finden wir die Zusammensetzung des Phæophytins recht konstant, aber etwas differierend bei Präparaten aus verschiedenen Pflanzenklassen. Brennesseln, Platanen, Gras und Grünalgen haben als Ausgangsmaterial gedient. Ein Kilogramm trockener Blätter liefert zirka 3,5 g Phæophytin; man kann Chlorophyll mit diesem Präparat annähernd quantitativ bestimmen.

Das Phæophytin ist ein Wachs und somit zählt auch das Chlorophyll zu den Estern. Durch Lauge wird das Wachs leicht verseift und man bekommt den spezifischen Alkohol des Chlorophylls, der noch nicht bekannt ist. Er soll Phytol genannt werden.

Phæophytin aus	Gras	gab	32.1	Prozent	Phytol
	Platanen		30.2	„	„
	Grünalgen		29.6	„	„
	Brennesseln		29.3	„	„

wir gewannen z. B. 300 g aus etwa 1100 g Phæophytin, d. i. ca. 100 g aus 100 kg trockener Blätter.

Auf den ersten Blick könnte man zweifeln, ob das Phytol wirklich zum Chlorophyll gehört und ob es nicht von beigemengtem pflanzlichem Wachs herrührt. Ähnliche Alkohole und zwar krystallisierende, die leichter isolierbar sind, hat Étard als Begleiter von Chlorophyll in vielen Pflanzen angetroffen. Der Zweifel ist aber leicht zu heben. Ein Präparat von rohem Phæophytin gab 27.70 Proc. Phytol. Dann haben wir es nochmal tagelang der Einwirkung von Oxalsäure unterworfen und wieder gab es nach der Isolierung 27.99 Proc. Phytol. Eine Portion dieses Phæophytins wurde aus Chloroform mit Alkohol und aus Alkohol allein wiederholt umgefällt und dann verseift. Wir erhielten abermals 27.76 Proc. Phytol. Das ist also sicher der Alkohol des Chlorophylls.

Phytol ist ein Öl vom spezifischen Gewicht (D_4^0) = 0.864, nicht krystallisierbar, unter üblichen verminderten Drucken nur mit starker Zersetzung destillierbar, dagegen unzersetzt siedend bei 145° im Vakuum des Kathodenlichtes. Die Zusammensetzung entspricht genau der Formel $C_{20}H_{40}O$; es ist ein einwertiger Alkohol und zwar ein primärer zufolge der Esterifizierungsgeschwindigkeit, die übrigens merkwürdige Abweichungen von den Regeln Menschutkins zeigt, bedingt durch besonders leicht eintretende Abspaltung von Wasser. Charakteristisch für das Phytol ist sein ätherlösliches Natriumsalz; im übrigen ist der Alkohol sehr schwierig durch Verbindungen zu charakterisieren, da seine Derivate sehr wenig Neigung zum Krystallisieren zeigen. Sein Aldehyd und dessen Oxim, seine Säure, andere Oxydationsprodukte und Abkömmlinge sind Öle; aber mit Phenylcyanat und Naphtylcyanat wurden krystallisierende Urethane erhalten. Phytol addiert ein Molekül Brom und Jodwasserstoff; es zeigt sich, dass es ein Alkohol der Olefinreihe ist.

Viel komplizierter sind die anderen, die N-haltigen Spaltungsprodukte des Phæophytins. Da entsteht nicht ein einzelnes Produkt, sondern fast unentwirrbare Scharen von schwach basischen und

zugleich saueren Verbindungen. Wir ordnen sie in zwei Reihen. Die Einen, olivgrün bis grün in indifferenter Lösung nennen wir Phytochlorine, die Anderen, rot in Äther, Phytorhodine; beide Reihen sind in saueren Medien blau bis blaugrün oder grün. Es wäre aussichtslos gewesen, eine Untersuchung dieser Gemische zu wagen, wenn nicht die ausserordentliche Differenzierung in der basischen Natur dieser Chlorophyllderivate — dafür gibt es wohl keine Analogie — zu einer Methode der Untersuchung und Fraktionierung mit Hilfe von Salzsäure verschiedener Konzentration geführt hätte. Hierüber ist in den Annalen der Chemie (Band 350) schon veröffentlicht worden.

So haben wir neben Phytol aus dem Phæophytin der Brennesseln, von Gras, von Grünalgen Phytochlorine und Phytorhodine vollkommen rein dargestellt. In der Zusammensetzung zwar ähnlich, sind doch die Spaltungsprodukte aus verschiedenen Pflanzen durchaus nicht identisch. Und bei einem und demselben Ausgangsmaterial findet man viel Variationen je nach den angewandten Methoden. So lässt es sich beweisen, dass es nicht einen einzigen bestimmten Stoff Chlorophyll gibt. Das Chlorophyll der verschiedenen Pflanzenklassen, der Dikotyledonen, Monokotyledonen, Gymnospermen und auch von Kryptogamen finden wir in genau definierten Hauptmerkmalen übereinstimmend. Aber in dem riesigen C H O N-Komplex sind nun zahlreiche Variationen nachgewiesen. Wenn wir uns erinnern, dass die wichtigsten Alkaloïde, wie Chinin, Atropin, Cocaïn, Nikotin von ganzen Familien der Nebenalkaloïde verwandter Konstitution begleitet werden, so wird uns der Nachweis der Variation bei dem ungleich grösseren Molekül des Chlorophylls nicht überraschen.

Phæophytin ist dem Gewicht nach der Hauptbestandteil des Chlorophylls, aber seiner Natur nach entfernt es sich sehr weit von der Muttersubstanz. Die Phytochlorine vermögen Metallsalze komplex aufzunehmen und mit dieser Reaktion werden sie mit einem Male viel ähnlicher dem Chlorophyll, namentlich in der Farbe. Dafür findet sich die Erklärung, wenn man die Reaktion des Chlorophylls mit Alkalien betrachtet, die zu einer ganz andersartigen Reihe von Spaltungsprodukten führt. Da wird Phytol abgetrennt und es entstehen Verbindungen mit sauerer Funktion. Sie sind chlorophyllgrün und sollen Chlorophylline heissen.

Ähnliche Verbindungen kommen in der Literatur schon öfters vor und zwar gewöhnlich als Alkachlorophyll bezeichnet; aber gegenüber den älteren Angaben bestehen in analytischer Hinsicht wesentliche Abweichungen. Namentlich ist das Alkachlorophyll früherer Autoren (Schunck und Marchlewski) als aschefrei beschrieben. Die Chlorophylline enthalten hingegen als einen wesentlichen mineralischen

Bestandteil Magnesium und zwar geben sie eine Asche von etwa 3.5 Prozent Magnesia. Und es hat sich gezeigt, dass das Magnesium dem Chlorophyll von Land- und Seepflanzen der verschiedenen Klassen gemeinsam ist.

Die Chlorophylline krystallisieren leider nicht, und sie bestehen möglicherweise so wie die Derivate der Phæophytinspaltung aus Gemischen ähnlicher Verbindungen. Immerhin gelingt es, diese komplexen Substanzen zu reinigen und dadurch sicher zu stellen, dass nicht etwa Magnesiumverbindungen anderer Art, vielleicht fettsauere Salze oder Alkoholate beigemischt sind. Man kann nach der Verseifung des Chlorophylls aus der rohen ätherischen Chlorophyllinlösung mit Dinatriumphosphat als Alkali die Chlorophylline extrahieren und sie durch vorsichtigen Zusatz von Mononatriumphosphat wieder entbinden. Fettsäuren, Alkohole und dergleichen sind nun nicht mehr beigemischt; es ist eine vortreffliche Reinigung. Aber auch hiernach erschien das Auftreten von Magnesium noch nicht genügend einwurfsfrei festgestellt, bis es endlich gelang, durch den weiteren Abbau von Chlorophyllin ganz einheitliche, gut krystallisierende komplexe Magnesiumverbindungen zu isolieren. Sie entstehen beim Erhitzen der grünen Substanz mit einem grossen Überschuss von konzentriertem alkoholischem Kali auf 100, 140 und 200°. Zuerst bilden sich prachtvoll blaugefärbte und ungeheuer fluoreszierende Verbindungen (Glaukophyllin). Dann bei gegen 200° intensiv rot gefärbte, noch ziemlich stark fluoreszierende, sehr schön krystallisierende Abbauprodukte, Rhodophylline. Mit der Untersuchung dieser Rhodophylline haben wir uns beschäftigt und zunächst eines davon (α) rein und einheitlich dargestellt. Als eine starke Säure lässt es sich mit sehr verdünntem Ammoniak von einem beigemischten schwach saueren Rhodophyllin (β) abtrennen und dann durch mehrmaliges Umkrystallisieren aus Äther vollends reinigen. Hierbei erfährt die Verbindung infolge von Wasserabspaltung wesentliche Änderungen; sie enthält dann 6 Prozent Magnesia und 8.9 Prozent Stickstoff. Charakteristisch für das Rhodophyllin α ist sein prachtvolles schwer lösliches Kaliumsalz. So widerstandsfähig das Metall gegen den Angriff von Alkalien ist, so leicht wird es von Säuren herausgeholt z. B. schon von Eisessig in der Kälte. Die Entstehungsweise des Rhodophyllins stellt es nun sicher, dass das Magnesium wirklich zum Chlorophyllmolekül gehört und dass es darin komplex gebunden ist.

Die Spaltungsreaktionen des Chlorophylls verlaufen also nach zwei Richtungen: in alkalischen Medien wird der Ester verseift, in saueren das Metall eliminiert, dagegen der Ester verschont.

Kehren wir nun zu dem Abbau zurück, der von Chlorophyll zu anscheinend demselben Hæmopyrrol geführt hat, das sich aus Hæmin erhalten lässt. Auf dieser Tatsache fussen geistvolle Hypothesen von Nencki über die Ähnlichkeit des Blatt- und Blutfarbstoffs, die auch hindeute auf einen genetischen Zusammenhang zwischen pflanzlichem und tierischem Leben. Man hätte schon früher einwenden können, dass das Hæmopyrrol doch eigentlich nur einen kleinen Bruchteil des ganzen Moleküls von Chlorophyll oder Hæmoglobin bedeutet, zudem mit gewaltsamen Reaktionen herausgeschält. So können wir Eiweiss zum Indol abbauen und Indigo gleichfalls; wir denken aber nicht daran, die beiden Stammkörper in besonders enge Beziehungen zu bringen. Wichtiger als dieser Einwand ist nun aber der Beweis, dass die beiden grossen Katalysatoren verschiedenartige Metallkomplexe gebunden enthalten. Ganz ungleichartig ist die Funktion von Blatt- und Blutfarbstoff; der Funktion scheint die Natur des Metalles zu entsprechen. Das am Transport, an der Uebertragung des Sauerstoffs beteiligte Hæmoglobin enthält Eisen, das in der Reduktion der Kohlensäure wirksame Chlorophyll enthält Magnesium. Wir dürfen diese hochmolekularen Komplexe mit einfacheren Analogen vergleichen. Beim gelben Blutlaugensalz finden wir die reduzierende Wirkung des zweiwertigen Eisens, im roten Blutlaugensalz die Oxydationswirkung der Ferriform. Die organischen Magnesiumverbindungen, z. B. die von Grignard, zeigen die Oxydierbarkeit des Metalls und seine Affinität zur Kohlensäure. Die Rolle des Chlorophylls in der Assimilation ist bisher nur nach der physikalischen Seite erörtert worden. Wir entfernen uns aber wohl nicht zu weit von den Tatsachen, wenn wir die Vermutung äussern, dass bei der Aufnahme von Kohlensäure in der grünen Pflanze das reaktionsfähige basische Metall sich betätigt.

Neben der Assimilation der Kohlensäure geht ein zweiter Prozess in der Pflanze einher, der weniger erheblich ist für den Kreislauf des Stoffes: die Sauerstoffatmung, welche die für die Lebenstätigkeit erforderliche Energie liefert. Auch dieser Vorgang ist chemisch noch nicht erklärt. Aber eine beachtenswerte Idee ist geäussert worden, die sich auf die Funktion der gelben Chlorophyllbegleiter in den grünen Blättern bezieht: Arnaud hat die Hypothese aufgestellt, dass diese gelben Stoffe an der Sauerstoffatmung Anteil nehmen.

Mit diesen Chlorophyllbegleitern, die man mit dem Sammelnamen Xanthophylle zusammenfassen kann, haben sich viele Chemiker beschäftigt, namentlich Arnaud und Tschirch. Arnaud hat es sehr wahrscheinlich gemacht, dass in den Blättern dieselbe gelbe Verbindung enthalten ist, wie in der gelben Rübe, das Carotin. Dieses ist schon

im Jahre 1847 von Zeise als Kohlenwasserstoff angesprochen worden. Die Ansichten haben dann geschwankt, manche Autoren fanden darin Sauerstoff, andere nicht. Arnaud hat schliesslich festgestellt, dass das Carotin wirklich ein Kohlenwasserstoff ist und hat auf Grund sehr eingehender Versuche ihm die Formel $C_{26}H_{38}$ zugeschrieben. Merkwürdigerweise aber sind von Arnaud keine Analysen erbracht worden für das Carotin der grünen Blätter. Viel weiter ist die spektralanalytische Untersuchung geführt worden, namentlich von Monteverde, von Tschirch und von C. A. Schunck und Marchlewski, mit dem Ergebnis, dass wahrscheinlich drei, mindestens aber zwei Carotine in den grünen Blättern vorliegen.

Wir haben die Analyse der gelben Stoffe in Angriff genommen und die Angabe von Arnaud bestätigt gefunden, dass der Kohlenwasserstoff Carotin in den grünen Blättern enthalten ist. Wir haben das Carotin aus Daucus Carota mit dem Carotin aus Blättern direkt verglichen und analytisch identifiziert. Aber nicht richtig ist es, nach Arnaud anzunehmen, dass alles Gelbe in den Blättern oder auch nur die Hauptmenge davon wirklich Carotin ist. Eine zweite schön krystallisierende Substanz und zwar eine sauerstoffhaltige fand sich viel reichlicher: sie soll nun speziell als Xanthophyll bezeichnet werden. Wir erhielten z. B. aus einer Portion von 100 kg trockener Brennesselblätter 3 1 g Carotin, aber über 12 g Xanthophyll. Es lässt sich nun sehr leicht verstehen, dass die Analysen des Blättercarotins nicht befriedigend ausgefallen sind. Einmal beobachten wir an Carotin sowie an Xanthophyll die Fähigkeit mit sehr vielen Solventien zu krystallisieren und zwar derart, dass die Krystalllösungsmittel in manchen Fällen gar nicht entfernt werden können, und dann bekommt man eben im allgemeinen Gemische der beiden krystallisierenden gelben Stoffe. Sie sind einander sehr ähnlich im Schmelzpunkt, in der Farbe, in der Blaufärbung mit Schwefelsäure und in vielen anderen Eigenschaften. Nur ist Carotin auch in dünner Schicht mehr rot, Xanthophyll mehr orangegelb in der Durchsicht; Carotin ist in Alkohol fast unlöslich, in Petroläther löslich, Xanthophyll umgekehrt in Petroläther unlöslich, in Alkohol löslich.

Die Analyse hat ein überraschendes Resultat gegeben. Die Formel von Arnaud (auf 1 C : 1.46 H) ist abzuändern. Carotin enthält $C : H = 1 : 1.40$, also $(C_{10}H_{14})x$, und zufolge der Bestimmung des Molekulargewichtes in Chloroformlösung nach der ebullioskopischen Methode ist die Formel $C_{40}H_{56}$. Und Xanthophyll ist nach Analyse, Molekulargewichtsbestimmung und Jodaddition das Oxyd des Carotins: $C_{40}H_{56}O_2$.

Die Hypothese von der Rolle des Carotins bei der Atmung gewinnt vielleicht an Wahrscheinlichkeit dadurch, dass das Oxyd den Kohlenwasserstoff begleitet. Arnaud hat die Hypothese dadurch gestützt, dass er zeigte, Carotin oxydiere sich leicht; bei 70° soll es 21 Prozent Sauerstoff aufnehmen. Nach unseren Beobachtungen führt die Sauerstoffaufnahme noch viel weiter. Xanthophyll addiert nämlich schon bei gewöhnlicher Temperatur, indem es ausbleicht, über 36 Prozent seines Gewichtes Sauerstoff, also das im Xanthophyll enthaltene Carotin 44.2 Prozent seines Gewichtes an Sauerstoff.

Die Untersuchung der Konstitution dieser schönen gelben Stoffe, die ja erst im Anbeginn hält, bietet eine lockende Aufgabe; insbesondere bietet es grossen Reiz, zu prüfen, ob nicht vielleicht diese stickstofffreien Begleiter des Chlorophylls mit diesem selbst genetisch verknüpft sind; ob sie nicht vielleicht hervorgegangen sind aus dem Alkohol $C_{20} H_{40} O$ durch einen einfachen Dehydrogenisationsprozess?

Eine neue Theorie der Narkose.

Von

RUDOLF HÖBER.

Erst vor wenigen Jahren ist von Hans Meyer[1]) und Overton[2]) eine Theorie der Narkose aufgestellt worden, welche allgemeine Anerkennung gefunden hat, und es mag deshalb zunächst befremdend erscheinen, dass eine neue Theorie zum Gegenstand der folgenden Mitteilung gemacht werden soll. Indessen braucht man sich nur den Inhalt der Meyer-Overtonschen Theorie zu vergegenwärtigen, um zu erkennen, dass diese Theorie noch weit davon entfernt ist, die Frage nach dem Verhältnis der narkotisierenden Substanzen zu der Erregbarkeit der lebenden Zellen abschliessend zu beantworten[3]).

Die Theorie von Meyer und Overton besagt:

Ein Narkotikum ist ein Stoff, welcher zugleich im Wasser und in den Zell-Lipoiden löslich ist; seine narkotische Kraft ist umso grösser, je grösser der Teilungskoeffizient Lipoid : Wasser ist.

Danach tritt also Narkose dann ein, wenn sich irgend eine lipoidlösliche Substanz, welche in der die Zelle umspülenden Lösung enthalten ist, bis zu einer bestimmten Konzentration in den Lipoiden angesammelt hat; ein „starkes" Narkotikum braucht in der umspülenden Lösung nur in relativ geringer Konzentration vorhanden zu sein, um, dank seinem hohen Teilungskoeffizienten Lipoid : Wasser, diese bestimmte Konzentration im Lipoid zu erreichen, während ein „schwaches" Narkotikum sich erst bei einer relativ grossen Konzentration im wässerigen Zellmedium bis zu der wirksamen Konzentration im Lipoid häuft.

Natürlich fragt man nun sofort weiter: was hat die Tränkung

---

[1]) Archiv f. experimentelle Pathologie und Pharmakologie 42, 109 (1899).

[2]) Studien über Narkose. Jan. 1901. Ferner: Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellsch. in Zürich 44, 88 (1899).

[3]) Siehe dazu: Höber, Physikal. Chemie der Zelle und der Gewebe. 1. Aufl. S. 119. Leipzig, 1902.

der Zell-Lipoide mit dem narkotisierenden Stoff eigentlich mit der die Narkose kennzeichnenden Aufhebung der Zellerregbarkeit zu tun? und auf diese nächstliegende Frage gibt die Theorie von Meyer und Overton keine Antwort mehr. Da die typischen Narkotika sich durch grosse chemische Indifferenz auszeichnen, so kann man höchstens noch aus der Theorie folgern, dass durch die Aufnahme der Narkotika die Lipoide eine Änderung ihres physikalischen Verhaltens erfahren, welche auf die Erregbarkeit zurückwirken muss; über die Natur dieser physikalischen Änderung kann aber auch nichts ausgesagt werden.

Ich bin nun, von ganz andern Beobachtungen, als Meyer und Overton, nämlich von Studien über den Erregungsprozess ausgehend, zu einer Theorie der Narkose gelangt, welcher zunächst jeder Zusammenhang mit der herrschenden Theorie zu fehlen scheint. Ich habe früher auf Grund von Versuchen die Ansicht ausgesprochen, dass eine wesentliche Phase des komplexen Erregungsvorgangs ein Kolloidprozess in der Plasmahaut der erregten Zellen ist. Ein Narkotikum ist nun als ein Stoff anzusehen, welcher diesen Kolloidprozess hemmt.

Die Kolloidhypothese über die Erregung stützt sich auf folgende Gründe:

1. Ich habe gezeigt[1]), dass die Erregbarkeit der Muskeln von den Jonen der Alkalisalze, welche in isotonischer Lösung auf die Muskeln einwirken, derart abhängt, dass die Erregbarkeit durch die Kationen in der Reihenfolge Li, Na, Cs, NH_4, Rb, K, durch die Anionen in der Reihenfolge SCN, J, Br, Cl, CH_3COO, SO_4 beeinflusst wird. In ähnlicher Weise stuft sich die eiweissfällende und die gelatinequellende Wirkung der Jonen ab; hier lauten die Reihenfolgen nach Hofmeister, Posternak und Pauli: Li, Na, K, NH_4, und J, Br, Cl, CH_3COO, SO_4. Danach kann man die Annahme machen, dass die Erregbarkeit etwas mit dem Zustand der Protoplasma- resp. Plasmahaut-Kolloide zu tun hat.

2. Diese Annahme wird unterstützt durch neue Versuche über die Salzfällung von Eiweiss, die mir zur Ergänzung des vorliegenden Materials notwendig erschienen. In der physiologischen Reihe der Kationen fällt nämlich sofort die Stellung von Cs zu K und Rb auf; das Cs, das chemisch mit K und Rb in eine Gruppe rangiert, verhält sich physiologisch ähnlich wie Na. Nun trifft genau dasselbe für den Einfluss des Cs auf genuines Eiweiss zu. Ich habe u. a. Fällungen von Hühnereiweiss mit 3-, 4- und 5-fach-normal-Alkali-

---

[1]) Pflügers Archiv 106, 5[illegible]

sulfat und mit 3,5-, 4- und 5-fach-normal-Alkalichlorid vorgenommen und festgestellt, dass die Kationen-Reihenfolge lautet: Li, Cs, Na, Rb, K.

3. Die Erregbarkeit der peripheren Nerven ist in ähnlicher, wenn auch, wie es scheint, nicht identischer Weise von den Jonen der Alkalisalze abhängig, wie die der Muskeln[1]. Daher kann man annehmen, dass auch die Nervenerregbarkeit an einen bestimmten Kolloidzustand gebunden ist. Und in der Tat konnte ich zeigen,[2] dass das mikroskopische Bild der Nervenfasern, das als Ausdruck der Kolloidverteilung in ihnen angesehen werden kann, die durch verschiedene Alkalisalzlösungen erzeugten Erregbarkeitszustände im Aussehen der Axenzylinder und der Markscheiden widerspiegelt.

4. Das generelle Erkennungszeichen des Erregungsprozesses ist der Aktionsstrom, bestehend in der flüchtigen Negativitätswelle, die über die erregte Zelle hinläuft. Man kann diese Negativität lokal und für längere Zeit, aber doch reversibel, auch durch lokale Salzbehandlung erzeugen; dabei ordnen sich die Jonen nach der Grösse der elektromotorischen Kraft der entstehenden Ruheströme wieder in die Reihenfolge Li, Na, Cs, NH_4, Rb, K und SCN, J, Br, Cl, CH_3COO, SO_4[3]. Diese Tatsachen lassen sich dahin interpretieren, dass bei der Erregung eine wellenförmige reversible Zustandsänderung der Plasmahautkolloide über die erregbaren Gebilde hinläuft, welche begleitet ist von einer Änderung der Jonenpermeabilität der Plasmahaut der Art, dass die jeweilen erregte Stelle sich negativ verhalten muss gegen die unerregte. —

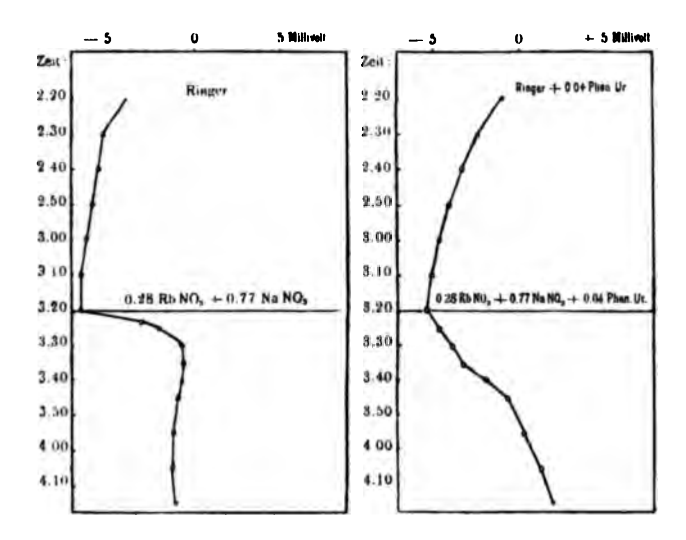
Wenn nun diese Hypothese über den Erregungsprozess richtig ist, d. h. wenn ein Kolloidvorgang ein wesentliches Glied des Erregungsprozesses bildet, so muss Aufhebung des Kolloidvorgangs mit Aufhebung der Erregbarkeit gleichbedeutend sein. Und umgekehrt: wenn sich zeigen lässt, dass mit dem Erlöschen der Erregbarkeit zugleich der Kolloidprozess versagt, so kann man darin ein Zeichen dafür erblicken, dass der Kolloidvorgang wirklich zur Erregung dazu gehört. In der Tat hat es sich nun gezeigt, dass, wenn man die Erregbarkeit von Muskeln durch Narkotika vermindert oder aufhebt, auch der typische als Kolloidvorgang zu deutende Salzeinfluss alteriert wird.

Die Versuche, die dies beweisen, sind im allgemeinen so angestellt[4], dass die beiden unverletzten Sartorien eines kurarisierten Frosches (Temporarien) in zwei Lösungen eingetaucht wurden, aus

---

[1]) Siehe: Höber, Physikal. Chemie der Zelle u. der Gewebe, 2. Aufl. 1906, S. 277.
[2]) Zentralblatt f. Physiologie 19, 390 (1905).
[3]) Höber: Pflügers Archiv 106, 599 (1905).
[4]) Zum Teil in Gemeinschaft mit Privatdozent Dr. P. Schatiloff (Charkow).

denen, ebenso wie vom „Längsschnitt“ der Muskeln mit Ringer-Calomel-Elektroden zu einem Galvanometer abgeleitet wurde. Die beiden Lösungen unterschieden sich nur dadurch von einander, dass der einen ein Narkotikum zugesetzt war, der andern nicht. Als Narkotika wurden verwendet: Chloroform, Chloralhydrat, Acetal, Äthylurethan und Phenylurethan. Zu weitaus den meisten Versuchen diente Phenylurethan in einer Konzentration von 0,04—0,05 %; die Narkose kann bei dieser Konzentration lange ohne Schädigung aufrecht erhalten werden, was sich erstens daran erkennen lässt, dass Muskeln, welche einige Stunden in Ringerscher Lösung mit einem Zusatz von 0,04 % Phenylurethan gelegen haben, ihre ursprüngliche



Erregbarkeit bei Rückübertragung in reine Ringer-Lösung wiedererlangen, zweitens daran, dass Muskeln, deren eines Ende in Ringer-Lösung mit Phenylurethan eingetaucht wird, stundenlang stromlos bleiben können.

Lässt man nun auf das Ende eines Sartorius die Lösung eines stromentwickelnden Salzes, etwa $NaNO_3$, auf den andern Sartorius in genau der gleichen Weise $NaNO_3$ + 0,04 % Phenylurethan einwirken, so beginnt im ersten Fall sofort die Entwicklung des Ruhestroms, im zweiten bleibt sie aus, wenigstens zunächst. Ganz allmählich bildet sich dann aber auch hier der übliche Strom aus. Das typische Verhalten illustriert am besten das obenstehende Kurvenpaar eines Versuches, in dem eine Kombination von 0,28 % $RbNO_3$ mit 0,77 % $NaNO_3$ mit und ohne Phenylurethan zur Wirkung kam.

In dieser Weise wurden bisher untersucht: $LiCl$, $LiBr$, NaJ, $NaNO_3$, Cs_2SO_4, NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $RbCl$, $RbNO_3$, KNO_3, KCl.

Das Resultat war in allen Fällen das gleiche, nämlich: die Salzwirkung, also der Kolloidprozess, wird durch das Narkotikum gehemmt. Nicht aufgehoben; vielmehr wird offenbar das Kolloid nur träger, die sonst schnelle Kolloidreaktion verläuft mit starker Verzögerung. Danach hätte man sich also vorzustellen, dass bei narkotisierten Muskeln der Erregungsprozess dadurch gestört ist, dass der flüchtige elektrolyt-chemische Vorgang im erregbaren Gebilde, der als Einleitung des ganzen Erregungsvorganges zu denken ist, auf ein reaktionsträges Kolloid wirkt, das seine bei der Erregung notwendige Zustandsänderung infolge seiner Trägheit noch nicht zu beginnen vermochte, wenn der anregende flüchtige chemische Prozess bereits beendet ist.

Man könnte nun noch einwenden, dass die beobachteten Hemmungen des Salzkolloidprozesses auf Zusatz der Narkotika gar nichts mit deren narkotisierender Fähigkeit zu tun haben, da organische Verbindungen, auch wenn sie nicht narkotisch wirken können, wenigstens gewisse Kolloidvorgänge, nämlich einige Vorgänge an Gallerten zu hemmen vermögen. So ist z. B. bekannt,[1] dass Traubenzucker die Durchlässigkeit sowie die Quellbarkeit von Gelatine-Gallerte vermindert, während Harnstoff beide umgekehrt erhöht. Man kann sich aber davon überzeugen, dass weder Traubenzucker noch Harnstoff auf die ruhestromentwickelnden Fähigkeiten der Salze einen nennenswerten Einfluss ausüben. Also ist die Hemmung des Salzkolloidprozesses wirklich Sache der Narkotika. —

In welchem Verhältnis steht nun diese neu gewonnene Anschauung über die Narkose zu der Theorie von Meyer und Overton? Meyer und Overton geben an, dass Narkose eintritt, wenn ein narkotisierender Stoff bis zu einer gewissen kritischen Konzentration in den Zell-Lipoiden angesammelt ist, woraus gefolgert werden kann, dass die Lipoide wahrscheinlich durch die Narkotika eine physikalische (siehe oben) Veränderung erfahren, welche den Erregungsprozess unmöglich macht. Auf der andern Seite komme ich zu der Annahme, dass Narkose eintritt, wenn ein narkotisierender Stoff eine zum Erregungsprozess gehörige Kolloidzustandsänderung zu hemmen vermag. Da nun von den Lipoiden zumindest das Lecithin in Gegenwart von Wasser kolloidal ist, so lassen sich beide Theorien an einander anschliessen, wenn man annimmt, dass der hypothetische physikalische Vorgang, der sich, der Meyer-Overtonschen Theorie zufolge, bei der Narkotisierung in den Lipoiden abspielen muss, in der Änderung der kolloidalen Eigenschaften der Lipoide besteht.

---

[1]) Bechhold & Ziegler, Zeitschr. f. physik. Chem. 56. 105 (1906).

Indessen kann es doch aus mehreren Gründen als noch verfrüht bezeichnet werden, die beiden Theorien in dieser Art mit einander zu verknüpfen. Denn erstens kennt man bisher nur die Abstufung der Salzwirkungen gegenüber Eiweiss und Gelatine, nicht gegenüber dem Lecithin, wenn auch wahrscheinlich ist, dass Lecithin sich gegen die Salze nicht anders verhält, wie jene, da die Salzwirkungen auf die Kolloide in die grosse Kategorie der Löslichkeitsbeeinflussungen gehören, in der die genannten Abstufungen häufig wiederkehren. Zweitens ist zu bedenken, dass die Plasmahaut, in die der Erregungsvorgang gemäss der hier gegebenen Darstellung mindestens zum Teil verlegt wird, gewiss nicht bloss eine Lipoidhaut ist, da die ganze komplizierte regulative Stoffaufnahme von ihren veränderlichen Eigenschaften abhängt; vielmehr ist es wahrscheinlich, dass auch Eiweiss zu ihren Bestandteilen gehört.[1]) und man kommt vielleicht augenblicklich am weitesten mit der Vorstellung, dass die Plasmahaut teils aus rein lipoiden Elementen zusammengesetzt ist, welche für Wasser undurchlässig und allein für lipoidlösliche Stoffe, wie die Narkotika, durchlässig ist, und teils aus Elementen, welche, u. a. aus Eiweiss und Lecithin gebildet, im allgemeinen eine semipermeable, d. h. bloss wasserdurchlässige Membran bilden, im speziellen aber durch bestimmte Stoffwechseleinflüsse vom Innern der Zelle her in ihrer Permeabilität verschiedene Änderungen erfahren können; in diesen letzteren Elementen würde sich dann der die Erregung begleitende und in der Narkose gehemmte physikochemische Vorgang, die kolloidale Zustandsänderung, abspielen. Wie weit diese Vorstellung genügt, darüber wird man nicht eher etwas sagen können, als bis die Beziehungen der Salze zum Lecithin studiert sind, und bis festgestellt ist, auf welche Plasmahaut-Bestandteile die Salze wirken. Im übrigen sei nur noch erwähnt, dass bereits vor längerer Zeit festgestellt wurde,[2]) dass durch Narkotika das Fällungsvermögen der Salze gegenüber Lecithin und Eiweiss gehemmt werden kann.

Zürich, den 18. Februar 1907.

[1]) Höber, Physikal. Chemie der Zelle u. der Gewebe, 2. Aufl. S. 176 ff (1906)
[2]) Höber und Gordon, Hofmeisters Beiträge 5, 432 (1904).

Nebensonnen und Ringe vom 10. Februar 1907,

gesehen in der Nordostschweiz.

Von

ALBERT HEIM.

Wir waren über dem das Zürichseetal erfüllenden Nebelmeer in den Sonnenschein getreten. Die Lufttemperatur betrug etwa 5° unter Null. Aber auch in der Höhe war der Himmel nicht klar, sondern fein verschleiert. Immerhin warf die Sonne noch kräftige Schatten. Berge bis 2300 m Meerhöhe waren scharf zu sehen, Berge über 2500 m aber in weisslichen Schleier gehüllt und unsichtbar. Gegen Norden erschien dem Horizont entlang ein blauer Streifen reinen Himmels. Als ich mittags 12 ½ Uhr aus dem Hotel auf den Platz in Einsiedeln (etwa 900 m Meerhöhe) trat, bemerkte ich einen hellen schmalen Streifen durch den Himmel und in demselben beiderseits der Sonne in gleichen Abständen zwei helle Flecken und überdies einige Stücke farbiger Bogen. Die Erscheinung hielt, bald etwas an Intensität zunehmend, dann wieder abnehmend, mehr als drei Stunden lang an.

Weil es von Wert ist, das nicht gerade häufige Phänomen zu registrieren, will ich in dieser Zeitschrift berichten, was ich selbst beobachtet habe und was andere mir darüber mitgeteilt haben. Leider war ich mit keinerlei Hilfsmitteln versehen, um Winkelmessungen vorzunehmen, und das Abstecken und Schätzen von Winkeln im tiefen Schnee ging schlecht.

Die Sonne stand in einem weissen, verschwommenen, blendenden Hof von etwa 3 bis 4fachem Sonnendurchmesser. In der gleichen Horizonthöhe wie die Sonne und in gleichem Abstand von etwa 22° von derselben sowohl westlich wie östlich erschien je ein hell glänzender Fleck, eine sogenannte Nebensonne. Die Nebensonnen waren nicht rund, nicht weiss strahlend wie die Sonne zwischen ihnen, sondern hatten mehr die Gestalt eines kurzen Kreuzes und waren schön spectralfarbig, rot auf der Seite gegen die Sonne, blau nach aussen.

Die beiden Nebensonnen erwiesen sich immer deutlicher als die Schnittstellen zweier Lichtringe, daher wohl die unrunde Gestalt.

Von den beiden Nebensonnen ging ein scharf begrenzter, ganz schmaler silberweisser horizontaler Streifen in gleicher Horizonthöhe nach aussen. Er mochte höchstens die Breite eines Sonnendurchmessers haben und war ganz farblos. Der Lichtstreifen zog sich ringsum und schloss sich im Norden zusammen als ein Ring mit dem Zenit als Mittelpunkt. Der einzige Unterbruch war das Stück zwischen den Nebensonnen, das durch die Sonne selbst gehen sollte. Die Sonne stand aber genau in der Verlängerung des Lichtbandes. Es ist dies der schon so oft beschriebene Nebensonnenring oder Horizontalkreis.[1])

Um die Sonne als Mittelpunkt erschien ein kleinerer, verwischterer, breiterer, aber etwas matterer Ring in schwachen Regenbogenfarben, ein „Halo". Ihm gehören die Nebensonnen an. Sie sind die Schnittstellen des farbigen Halo mit dem nicht farbigen grossen Horizontalkreis. Die Farben der Nebensonnen erscheinen bloss als eine lokale Verstärkung der Farben des Halo auf nicht nur doppelte, sondern mehrfache Intensität. Immerhin blieb die Intensität der Farben auch hier noch unter derjenigen eines schönen Regenbogens, das weissliche Licht war vorherrschend. Ich schätzte den Radius des Halo und damit den Abstand der Nebensonnen von der Sonne auf etwa 25°, es handelt sich hier offenbar um die häufigste Erscheinung bei Eisnadelschleier in der Höhe, den sogenannten „kleinen Halo von 22° Radius".

Über der Sonne gegen den Zenit hin erschienen noch zwei Stücke farbiger Ringe mit Mittelpunkt im Zenit („Zirkumzenitale Bogen"). Der grössere, der „obere Berührungsbogen", schnitt den Halo von 22° Radius an, und die Schnittstelle sah zeitweise aus wie eine etwas in die Länge gezogene obere Nebensonne, abermals das Rot gegen die Sonne, das Blau gegen den Zenit. Der viel kleinere hoch oben war ziemlich breit, sehr schön und zart in den Farben, und hatte Rot aussen, Blau innen. Die von dem kleineren Zenitkreis zwar nicht ganz umgrenzte Kreisfläche um den Zenit erschien nicht wie der übrige Himmel weisslich verschleiert, sondern in reinem, tiefem Blau.

Eine untere Nebensonne konnte für unsern Standpunkt wegen den Bergen und dem zu tiefen Sonnenstand nicht zu stande kommen, in jener Richtung war der Wolkenschleier leuchtend gelblichweiss. Von Gegensonnen war keine Spur zu sehen.

---

[1]) Ich schliesse mich in der Beschreibung soviel als möglich den Bezeichnungen an, wie sie in Peruter „Meteorologische Optik" verwendet sind.

Während der Dauer der Erscheinung sank der Eiswolkenschleier tiefer, so dass nachmittags 3 Uhr auch Berge von bloss 2000 m Meerhöhe etwas verschleiert waren. Die Luft auch der höchsten Regionen schien vollständig bewegungslos zu sein. Was bei dem vorliegenden Fall deutlicher als bei manchen anderen beschriebenen Beispielen, aber ganz übereinstimmend mit andern Beobachtungen hervortrat, das ist der Umstand, dass der 22°-Halo und die beiden engeren Zenitringe farbig und zwar gegen die Sonne hin rot, nach aussen oder gegen den Zenit blau sind, die Farbfolge also bei beiden inneren Zenitringen die gleiche ist. Dagegen ist der grosse Horizontalkreis durchaus ohne Farben. Die Ringe mit Farben müssen durch Brechung oder Beugung der Lichtstrahlen in oder an den Eisnadeln, der grosse Horizontalring dagegen kann, weil er ohne Farben ist, nur durch Reflexion der Lichtstrahlen an den Aussenflächen der Eisnadeln entstanden sein. Für die Ringe waren zwei Zentren — Sonne und Zenit — wirksam, und um letzteres Zentrum stand ein Reflexionskreis und zwei Brechungs- oder Beugungskreisbogen. Der Wolkenschleier in der Höhe kann bei der vorhandenen niedrigen Temperatur nur aus Eisnädelchen bestanden haben und der Umstand, dass sich der Schleier bei Windstille während der Dauer des Phänomens um einige hundert Meter langsam gesenkt hat, macht es sehr begreiflich, dass beim Fall durch das hindernde Medium der Luft eine Stellungsordnung, und zwar ein Vorherrschen der senkrechten Nädelchen zu stande gekommen war, was ja die theoretische Bedingung für die Erscheinung ist. Der farblose grosse Zenitring ist vollständig erklärt worden aus Reflexion an den senkrechten Prismenflächen, der Halo als Hof aus Strahlenbrechung.

Was ich beobachten konnte und ebenso was andere am 10. II. beobachtet haben, bietet also nur geringe Variationen, nichts Neues, ist aber eine Bestätigung der Angaben vieler anderer und im besonderen auch der von der Theorie, wie sie durch Galle und Bravais durchgeführt worden ist, angenommenen Bedingungen (vgl. Peruter, Meteorolog. Optik 1906).

Das Phänomen vom 10. Februar, so wie ich es beobachtete, unterschied sich von manchen anderen beschriebenen Fällen dadurch, dass nur zwei Nebensonnen sichtbar waren, Gegensonnen fehlten. Ferner dadurch, dass der grössere Halo von 46° Radius gänzlich fehlte, dagegen ein ziemlich breiter kleiner zirkumzenitaler Farbkreis sehr deutlich und schön farbig war. Der weisse Horizontalkreis war besonders scharf begrenzt. Zeitweise nahm der (zirkumzenitale?) „obere Berührungsbogen am Halo von 22°" die Gestalt von zwei farbigen Hörnern an, die erst auf- und auswärts, dann abwärts gebogen waren,

und deren Verbindung an dem Punkte senkrecht über der Sonne den Halo von 22° etwas eindrückte. Manchmal sah es fast aus, als ob wir es in diesen Hörnern mit zwei Ästen der exzentrischen Halos (Schult, Norwegen, 27. III. 1826, ferner Sieberg, 4. Sept. 1900 in Aachen) zu tun hätten. Während einiger Zeit erschienen die Hörner der Art, dass ich sie als Stücke zweier seitlicher Halos skizzierte, welche die Nebensonnen zum Zentrum hatten. Ich lasse noch einige Mitteilungen von anderen Beobachtern über das Phänomen vom 10. Februar 1907 folgen, die wieder allerlei Variationen erkennen lassen. Die mit (Dir. M.) bezeichneten waren der meteorologischen Zentralanstalt zugesendet worden und sind mir durch Herrn Direktor Dr. Maurer gütigst zur Benutzung übergeben worden.

Der Himmel hatte weitherum den gleichen feinen Eisnadelschleier und alle Beobachter erwähnen denselben. Weitherum wurden die Nebensonnen gesehen.

Vom Wildkirchli (Kt. Appenzell) aus sah Prof. Dr. Martin in gleichen Abständen und gleicher Horizonthöhe beiderseits von der Sonne je eine Nebensonne als farbigen, verschwommenen Fleck, alle Kreise und Bögen fehlten.

Herr Chemieassistent H. Leemann (Dir. M.) beobachtete von der Kreuzegg östlich Wald aus. Er sah den Horizontalkreis und „auf demselben verteilt sechs helle Lichtpunkte“, von denen die zwei zunächst beiderseits der Sonne am hellsten und farbig waren. Über der Sonne befand sich eine regenbogenfarbige Linie von schlangenartiger Form, die deutlich drei gleiche Radien aufwies — die „Hörner“. Noch höher sah der Beobachter zwei kurze gegeneinander konvex gestellte, sich tangierende Bogenstücke — er meint „im Zentrum des Horizontalkreises“. Das waren aber wohl grosser Halo und Zirkumzenitalkreis. Gegen 3 Uhr hatte sich der kleinere Halo vollständig ausgebildet.

In Wernetshausen am Bachtel (bei Hinwil) beobachtete Herr Lehrer Ed. Benz, von Herrn Lehrer Stadlin darauf aufmerksam gemacht, 1 Uhr 15 Minuten den Horizontalkreis und in demselben ausser den beiden starken farbigen Nebensonnen etwa in der doppelten Distanz von der Sonne wie diese noch zwei bleichere Nebensonnen. Nach seiner Skizze erscheint über der Sonne der 22°-Halo etwas eingedrückt und dort die Farben am stärksten. Ausserdem stand hoch oben ein Stück des grossen Halo, der von Einsiedeln gar nicht zu sehen war. Eine Viertelstunde später bildete sich noch ein innerer, milchweisser, zirkumzenitaler Ring, ungefähr in der Mitte zwischen dem Zenit und dem durch die Sonne gehenden Horizontalkreis. Ob das derselbe, nur mit unkennbar schwachen Farben war, den wir von Einsiedeln farbig gesehen haben oder ob es eine Doppelung des Nebensonnen-

kreises — ein zweiter Reflexionskreis war, muss ich dahingestellt sein lassen. Es scheint, dass je nach der Dichte der Eiswolke der gleiche Bogen bald farbig, bald bloss weiss erscheinen kann.

Ein Zeitungsberichterstatter, der von Wernetshausen um 1 Uhr nach dem Bachtel stieg, sah zwei Nebensonnen und drei Gegensonnen auf dem Horizontalkreis und eine Anzahl farbiger Bogen, bei welchen allen das Rot gegen die Sonne gekehrt war.

Vom Dorfe Wald brachten die Tagesblätter einen Bericht, der Glanz und Farben etwas überschwenglich schildert. Darnach sollte man denken, dass der Farbenglanz den schönsten Regenbogen übertroffen hätte. Der Berichterstatter sah den Horizontalkreis für eine Ellipse mit der grossen Achse S—N an. Die Art der Eingrenzung des Horizontes mit Bergen mag ihn zu dieser subjektiven Täuschung verführt haben. Er sah im Norden des Horizontalkreises eine Gegensonne und im Osten und Westen desselben äussere Nebensonnen. Die gewöhnlichen ersten Nebensonnen beschreibt er als „ein Strahlenmeer in den feurigsten Irisfarben, kometartig sich nach aussen erweiternd, den Ellipsenring durchbrechend". Das sind wohl Stücke des 22°-Halos gewesen. Auch dieser Beobachter sah die Hörner und beschreibt sie als „ein geschweiftes, in der Ferne an ein Joch erinnerndes Band von spitzauslaufenden Enden, dessen bauchig erweitertes Mittelstück in Regenbogenfarben von nie geschauter Reinheit und Leuchtkraft schillerte". Endlich sah der Beobachter von Wald über dem „Joch", von diesem durch weisses Lichtfeld getrennt ein mondsichelförmiges, zirkumzenitales, besonders farbiges Bogenstück.

Die zwei gewöhnlichen Nebensonnen schienen den einen Beobachtern an den Schnittpunkten des 22°-Halo mit dem Horizontalkreis zu liegen, andere geben sie dicht innerhalb. wieder andere ausdrücklich als ganz wenig ausserhalb dieses Halo stehend an und vielleicht steht damit in Zusammenhang, dass sie den ersteren vorherrschend rot, anderen blau, anderen mehr weiss erschienen.

Herr Dekorationsmaler Jul. Dübendorfer von Wald (Dir. M.) gibt eine farbige Skizze. Er beobachtete auf dem Wege von Wald nach Pooalp zwischen Scheidegg und Schwarzenberg von 1 bis 4 Uhr und sah den Horizontalkreis und die stark farbigen Nebensonnen, letztere „gleichsam aus Wolkenöffnungen hervorbrechend", ferner die „eigentümliche, jochähnliche Wellenlinie". Letztere wird aber anders gekrümmt gezeichnet, als wir es sahen: der mittlere Teil als Kreisstück mit der Sonne als Zentrum, die Hörner von der Sonne weg-, also nach aussen und oben, gebogen. Ferner wurde der kleine Zenitalkreis gesehen — überall rot gegen die Sonne, blau davon weg. Der 22°-Halo war schwach und weisslich.

Ein offenbar gut vorbereiteter Beobachter (Neue Zürcher Zeitung) sah, von 12 ½ bis gegen 4 Uhr über den Ricken gehend, den Horizontalkreis, darin ausser den starken Nebensonnen etwas ausserhalb des 22°-Halo noch schwache Nebengegensonnen. Er beschreibt die Hörner, den Zirkumzenitalkreis und ein Stück des grossen 46°-Halo.

Herr A. Kurz, Studierender der Naturwissenschaften am Polytechnikum, beobachtete schon am 9. Februar[1]) 2 Uhr 30 Minuten von Weissegg bei Trogen das Phänomen und ebenso dann wiederum am 10. Februar 4 Uhr abends. Es soll das erste Mal schöner gewesen sein. Herr Kurz sah den weissen Horizontalkreis, die farbigen Nebensonnen auf dem Schnitt des 22°-Halo mit dem Horizontalkreis und ausserdem auf dem Horizontalkreis noch zwei Gegensonnen. Am 10. Februar war der obere Berührungsbogen an den 22°-Halo deutlich mit Rot gegen die Sonne, also nach aussen. Am 9. hatten sich die beiden Äste des Berührungsbogens wieder zu den sonderbaren Hörnern abwärts gekrümmt. Der grosse Halo war senkrecht über der Sonne in einem Viertelsbogen mit Rot nach innen gut entwickelt und er wurde berührt von einem Zirkumzenitalbogen mit Rot nach aussen, also Rot stets auf der der Sonne zugekehrten Seite der sämtlichen Bögen.

Von Oberhelfenswil bei Bischofszell sendet Herr F. Schmid an die meteorologische Zentralanstalt (Dir. M.) eine Skizze, nach welcher er die Nebensonnen, den kleinen und den grossen Halo fast vollständig gesehen hat, ausserdem Zirkumzenitalbogenstücke, das eine an den kleinen, das andere an den grossen Halo tangierend. Von den Nebensonnen aus gingen Horizontalschweife nach aussen — blosse verlaufende Stücke des Horizontalkreises, der selbst, wie es scheint, nicht durchgehend bemerkbar war.

Gehen wir in die Gegend des Rigi:

Herr Dr. H. Escher, Stadtbibliothekar in Zürich, sah vom Ägerisee von 10 ½ Uhr an den weissen Horizontalkreis und den 22°-Halo. Senkrecht über der Sonne stand im 22°-Halo eine weitere Nebensonne, da wo „nicht sowohl ein Kreissegment als vielmehr eine jochförmig geschwungene gewellte Linie tangierte". Das sind wieder die Hörner! Ausserdem sahen Herr Dr. Escher und seine Genossen die beiden gewöhnlichen Nebensonnen und ausserhalb zwei gegen die Sonne konvexe, den 22°-Halo in den Nebensonnen tangierende, farbige Bogenstücke von annähernd gleichem Radius wie der 22°-Halo.

Sehr Viele haben am 10. Februar vom Rigi aus das Phänomen gesehen. Herr Dr. Paul Mähly berichtet darüber an Herrn Professor

[1]) Vom 9. II. berichtet die „Nature" aus England: „An aurora was observed in most parts of the united kingdom".

Riggenbach. Die Nebensonnen am etwas verschleierten Himmel waren fast so hell wie die Sonne selbst. Herr Dr. Mähly sah morgens 9½ Uhr den weisslichen Horizontalkreis; er war zu dieser Zeit einzig zwischen den Nebensonnen unterbrochen. An den farbigen 22°-Halo tangierten in den Nebensonnen farbige Bogenstücke, deren Mittelpunkte ausserhalb der Nebensonnen lagen (ganz wie Dr. Escher es gesehen hatte). Senkrecht über der Sonne schwacher, fast farbloser äusserer Berührungsbogen, dann ein Stück vom grossen Halo und daran tangierend ein Zirkumzenitaler farbiger Ring. Im Gegensatz zu Herrn Kurz und anderen, notiert Dr. Mähly beim grossen Halo Blau nach innen, beim zirkumzenitalen auch Blau nach innen, das Gelb beider in der Tangentialregion sehr stark.

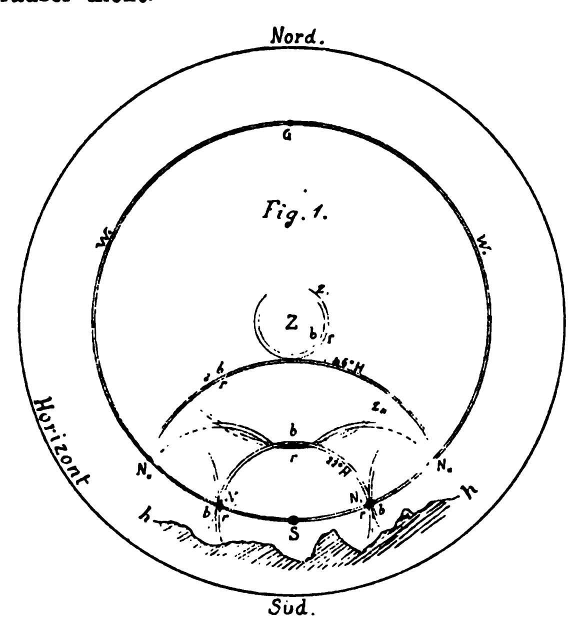
Nach den Mitteilungen aller anderen Beobachter über die Farbfolge könnte man für die sämtlichen farbigen Stellen des komplexen Phänomens, für Halos- und zirkumzenitale Ringe das Gesetz aussprechen: Rot gegen die Sonne, Blau und Violett gegen den Zenit — oder mit anderen Worten: die zirkumsolaren Ringe Rot an der Innenseite, die zirkumzenitalen Rot an der Aussenseite. Einzig die Notiz von Herrn Dr. Mähly ist widersprechend. Ob sie nicht auf einem Erinnerungsfehler beruhen könnte?

Später, nachmittags 12½ Uhr, wird die Erscheinung, vom Rigi gesehen, etwas anders. Der weisse Horizontalkreis ist lückenlos ausgebildet und, was sehr selten ist, er ist auch zwischen den Nebensonnen und bis an die Sonne sichtbar. Die äusseren Tangentialbögen an den Nebensonnen sind verschwunden, dafür erscheint ein elliptisch den 22°-Halo umfassender Bogen, so dass die Nebensonnen in zwei mondsichelförmigen farbigen Lichtfeldern stehen, deren innern und äussern Rand Dr. Mähly als blau notiert hat — der Kern war wohl rot? Statt dem oberen Berührungskreis erscheinen nun die Hörner, den 22°-Halo eindrückend, und dort darüber ein blaues Feld: „Besonders prägnant war hier ein intensiv farbiger, schlangenförmig gewundener Regenbogen an der Stelle, wo man am Morgen nur ganz schwach einen tangierenden Bogen sehen konnte. Über dem Schlangenbogen erschien ein grösserer schwach farbiger Bogen und der Zwischenraum zwischen den beiden war intensiv blau gefärbt."

Herr Prof. Dr. Riggenbach selbst sah noch von Liestal aus die östliche Nebensonne, allein den 22°-Halo nur undeutlich ausgebildet, und den Horizontalkreis nicht mehr.

Herr Hauser, Chemiker in Wädenswil, sah vom Wädenswiler Berg aus die beiden Nebensonnen mit ausserhalb anliegendem, kurzem, farbigem Bogenstück — Bruchteile des 22°-Halo. Sehr gut ausgebildet waren oberhalb jeder Nebensonne farbige Bogenstücke von

ıgen um die Nebensonnen als Centra (den Hörnern entsprechend). ıkrecht über der Sonne, da wo diese beiden Bogenstücke gegenander traten, war ein horizontal gestreckter heller Fleck. Derbe entspricht dem Zwischenstück der Hörner oder der oberen bensonne. Über dem Ganzen wölbte sich ein Stück des grossen lo mit der Sonne als Zentrum. Das Rot war überall gegen die ıne. Den weissen Horizontalkreis oder farbige Zirkumzenitalkreise ı Herr Hauser nicht.



1. *Schema der sämtlichen am 10. Februar beobachteten Erscheinungen.*

= Berghorizont.
= Sonne.
= Zenit.
= erste Nebensonnen.
= zweite Nebensonnen.
= Gegensonne.
= weisser Horizontalring.
= farbige Bogen,
= deren rote Seite,

b = deren blaue Seite.
46°H = Halo von 46° Radius.
22°H = Halo von 22° Radius.
Z, = kleiner oberer zirkumzenitaler Bogen.
Z,, = grösserer zirkumzenitaler Bogen, sog. „oberer Berührungsbogen".
H = mathematischer Horizont.

Die Erscheinung vom 10. Februar war also mit geringen Modiationen gleichzeitig über der ganzen Nordostschweiz sichtbar. Wir ben Berichte von Einsiedeln, Rigi, Ägerisee, Wädenswilerberg, chtel-Kreuzegg-Gebiet, Ricken, Trogen, bis gegen Bischofszell. Die feren, zwischenliegenden Stellen konnten keine Beobachtungen fern, weil sie unter Nebelmeer lagen. Dagegen wurden im Nebelıien Juragebiete noch die letzten Ausläufer gesehen. Der Eis-

wolkenschleier lag in 2000 bis 4000 m Meerhöhe und war von grossem Ausdehnung und die Luft war in der Höhe ziemlich ruhig. Jeder Beobachter sah sich selbst senkrecht unter dem Mittelpunkt des Horizontalkreises. Die Modifikationen in der Erscheinung hängen offenbar ab vom Standpunkte des Beobachters im Verhältnis zu der nach Dichte und Ordnung etwas ungleichförmigen Ausbildung der über ihm stehenden Eisnadelwolke, und von dem Zeitpunkt der Beobachtung, indem davon die Sonnenhöhe wechselte (10 Uhr morgens bis 5 Uhr abends).

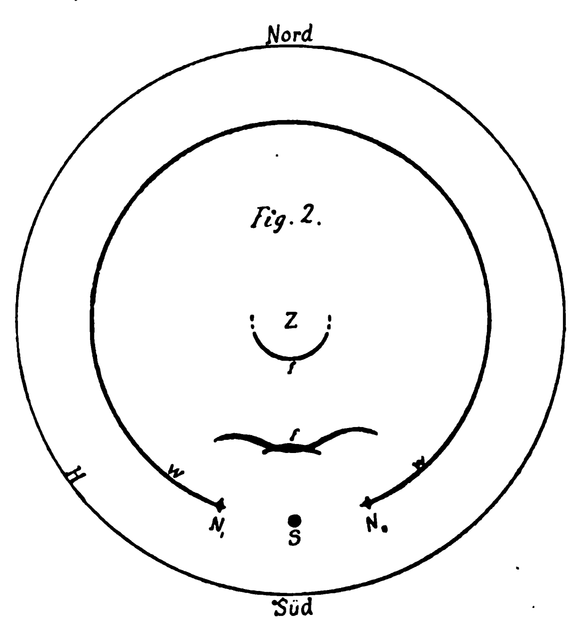


Fig. 2. *Schema der vorherrschenden am 10. Februar beobachteten Erscheinungen.*

h = Berghorizont.
S = Sonne.
Z = Zenit.
N, = erste Nebensonnen.
N„ = zweite Nebensonnen.
G = Gegensonne.
w = weisser Horizontalring.
f = farbige Bogen,
r = deren rote Seite.
b = deren blaue Seite.
46°H = Halo von 46° Radius.
22°H = Halo von 22° Radius.
Z, = kleiner oberer zirkumzenitaler Bogen.
Z„ = grösserer zirkumzenitaler Bogen. sog. „oberer Berührungsbogen".
H = mathematischer Horizont.

Die Erscheinung der Nebensonnen ist indessen nicht so selten. Herr Hauser (Wädenswil) sah sie schöner als am 10. II. 1907 anfangs März 1905 vom Albis aus. Ein Herr R. berichtete in der Neuen Zürcher Zeitung über Nebensonnen, die er am 17. März 1901 morgens 7 bis 9 Uhr in Gossau (Kt. Zürich) beobachtet hat. Er sah damals

den 22°-Halo mit Rot nach innen, den 46°-Halo konzentrisch dazu, den weissen Horizontalkreis durch die Sonne. Etwas ausserhalb der Schnittpunkte des 22°-Halo mit dem Horizontalkreis sah er die Nebensonnen mit Rot nach innen, und im oberen Scheitel eine obere Nebensonne mit anhängendem Berührungsbogen, und endlich einen oberen zirkumzenitalen Kreis.

Am 14. März 1906 scheint die Erscheinung in weiter Verbreitung ähnlich wie am 10. Februar 1907 beobachtet worden zu sein. Herr Direktor Maurer übergab mir bezügliche Berichte:

Von Zürich 8 bis 9 Uhr vormittags von J. Mettler gesehen. Dieser Beobachter sah Nebensonnen, ein Stück des grossen Halo und zwei zirkumzenitale Bogen, letztere den kleinen und grossen Halo tangierend.

Von St. Gallen. Dort sah Herr E. Germann den 22°-Halo fast vollständig, den weissen Horizontalkreis durchgehend durch die Sonne, den grossen Halo als oberen Halbkreis, und ebenfalls zwei zirkumzenitale farbige Kreise, deren grösserer den kleineren Halo, der kleinere den grösseren Halo tangierte. An Stelle der Hörner war noch ein flacher Zwischenstreifen. Herr Germann notiert an allen Bogenstücken mit Ausnahme des Horizontalkreises Farben, und zwar stets Rot gegen die Sonne, das ist bei den Halo nach innen, bei den zirkumzenitalen Kreisen nach aussen.

Herr F. Schmid in Oberhelfenschwyl (Kt. St. Gallen) sah auch das Phänomen vom 14. März 1906 von 9 ¼ bis 9 ½ Uhr. Er sah die beiden Nebensonnen, den grossen Halo und die beiden Zirkumzenitalbogen.

Fig. 1 ist ein Schema, zusammengestellt aus allen von den verschiedenen Beobachtern am 10. Februar gesehenen Erscheinungen. Fig. 2 dagegen zeigt nur den Teil im Stadium der „Hörner", den fast alle in gleicher Weise als die reduzierte Erscheinung oder als den intensivsten Teil derselben notiert haben. In der letzteren Figur sind die Lichtbogen bloss mit dickem Strich und in beiden Figuren die Sonnen mit schwarzem Fleck bezeichnet.

Aus den hier zusammengestellten Notizen ergibt sich für künftige Beobachter besonders die Aufgabe: Winkelmessungen der Radien der verschiedenen zirkumzenitalen Kreise in Zusammenhang mit der Sonnenhöhe (Zeit). Es scheint, dass die Radien der zirkumzenitalen Kreise wie derjenige des Horizontalkreises mit der Sonnenhöhe wechseln, während die Radien der Halo (zirkumsolaren Kreise) konstant sind. Ferner ist genau die Farbfolge aller verschiedenen Kreise zu notieren, besonders beim grossen Halo. Über manches kann ferner die andauernde Beobachtung der Veränderungen der Erscheinung im

Laufe der Zeit von einer Stelle aus betrachtet unter genauer Notiznahme der gleichzeitigen Veränderungen im Eiswolkenschleier und der Sonnenhöhe uns aufklären.

Es führt dies letztere vielleicht zu einer Art Genese der verschiedenen Teile der sehr zusammengesetzten Naturerscheinung und dadurch zu einer Aufklärung über manches, das jetzt noch nicht vollständig aufgeklärt ist.

Zur Theorie der Tettarionenideale.

Von

L. GUSTAV DU PASQUIER.

In vorliegender Arbeit wird die Allgemeingültigkeit des folgenden zahlentheoretisch wichtigen Satzes nachgewiesen:

Jedes aus rationalen ganzen μ-Tettarionen gebildete rechtsseitige Ideal ist Hauptideal [1]).

Unter „ganzen Tettarionen" werden solche verstanden, deren sämtliche Komponenten rationale ganze Zahlen sind. Da in diesen Zeilen ausschliesslich von ganzen Tettarionen die Rede sein wird, wollen wir diesen Zusatz unterdrücken, und „Tettarion" schlechtweg soll hier immer ein solches bezeichnen, dessen Komponenten rationale ganze Zahlen sind. — Nachdem diese Vereinbarung getroffen, schreiten wir zunächst zum Beweise folgenden Hilfssatzes: *Jedes rechtsseitige Tettarionenideal besitzt eine endliche Basis.*

Um dies einzusehen, genügt es bekanntlich, die linksseitig reduzierten Tettarionen des Ideals zu betrachten, d. h. diejenigen, bei welchen sämtliche Komponenten unterhalb der Hauptdiagonale verschwinden. Es bedeute nun $\mathfrak{a}$ das vorgelegte Ideal und

$$a = \left\{ \begin{array}{lllll} a_{11}, & a_{12}, & a_{13} & \ldots\ldots & a_{1,\mu} \\ 0, & a_{22}, & a_{23} & \ldots\ldots & a_{2,\mu} \\ 0, & 0, & a_{33} & \ldots\ldots & a_{3,\mu} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \ldots\ldots & \cdot \\ 0, & 0, & 0 & \ldots\ldots & a_{\mu,\mu} \end{array} \right\}$$

ein aus $\mathfrak{a}$ beliebig herausgegriffenes linksseitig reduziertes μ-Tettarion. Existieren unter diesen linksseitig reduzierten μ-Tettarionen aus $\mathfrak{a}$ solche, bei welchen die erste Komponente $a_{11} \neq 0$, so bedeute α eines derjenigen unter ihnen, für welches diese erste Komponente α_{11} positiv

---

[1]) Für diesbezügliche Definitionen und Sätze vergl. meine „Zahlentheorie der Tettarionen" in der „Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellsch. Zürich". Jahrg. 51. 1906.

und möglichst klein, aber doch nicht Null ist. Nach dieser Anna
kann dann niemals $0 < |a_{11}| < \alpha_{11}$ sein, sondern es ist entw
$a_{11} = 0$, oder $|a_{11}| \geq \alpha_{11}$. — Man erkennt jetzt, dass alle er
Komponenten a_{11} der linksseitig reduzierten μ-Tettarionen aus $\mathfrak{a}$ V
fache von α_{11} sind. Die Zahlen $0, 1, 2, \ldots \alpha_{11} - 1$ bilden näm
ein vollständiges Restsystem mod α_{11}: folglich existiert eine ratio
ganze Zahl k der Art, dass

$$0 \leq a_{11} - k \cdot \alpha_{11} < \alpha_{11}.$$

Da aber zugleich mit a und α auch $a - k \cdot \alpha$ im Ideale $\mathfrak{a}$
tritt, muss, wegen der über α getroffenen Annahme, $a_{11} = k \cdot \alpha_{11}$ s
— Jedem linksseitig reduzierten μ-Tettarion a aus $\mathfrak{a}$ lässt sich d
nach eine ganze Zahl k der Art zuordnen, dass die *erste* Kompone
von $r = a - k \cdot \alpha$ verschwindet. — Ein beliebig aus $\mathfrak{a}$ herausgegriffe
μ-Tettarion z kann somit in die Gestalt

$$z = \varepsilon \cdot a = \varepsilon \cdot r + \varepsilon \cdot k \cdot \alpha = r^{(1)} + k^{(1)} \cdot \alpha = k^{(1)} \cdot \alpha + r^{(1)}$$

gebracht werden, wobei ε ein geeignet gewähltes Einheitstettar
vorstellt, und $r^{(1)}$ höchstens $(\mu - 1)$-kolonnig ist. $k^{(1)}$ und $r^{(1)}$ s
von z abhängig, variieren zugleich mit z, während α als konst
als durch das vorgelegte Ideal $\mathfrak{a}$ gegeben, betrachtet werden ka

Alle Tettarionen $r^{(1)}$ sind in $\mathfrak{a}$ enthalten, und man überze
sich leicht, dass ihre Gesamtheit wieder ein rechtsseitiges Idea
bildet, welches höchstens $(\mu - 1)$-kolonnig ist. — Auf dieses lä
sich dieselbe Schlussweise anwenden: jedes Tettarion $r^{(1)}$ aus $\mathfrak{r}$ l
die Gestalt: $r^{(1)} = \varepsilon^{(1)} \cdot b$, wo $\varepsilon^{(1)}$ ein geeignetes Einheits-μtettari
vorstellt und b ein linksseitig reduziertes von der Form:

$$b = \begin{Bmatrix} 0, & b_{12}, & b_{13}, & b_{14} & \ldots & b_{1,\mu} \\ 0, & 0, & b_{23}, & b_{24} & \ldots & b_{2,\mu} \\ 0, & 0, & 0, & b_{34} & \ldots & b_{3,\mu} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \ldots & \cdot \\ 0, & 0, & 0, & 0 & \ldots & b_{\mu-1,\mu} \\ 0, & 0, & 0, & 0 & \ldots & 0 \end{Bmatrix}.$$

Enthält nun $\mathfrak{r}$ solche linksseitig reduzierten Tettarionen b, bei welc
$b_{12} \neq 0$, so existiert unter ihnen, aus ähnlichen Gründen wie ol
ein gewisses Tettarion β und rationale ganze Zahlen l, so beschaf
dass $b_{12} - l \cdot \beta_{12} = 0$ wird, dass somit in $b - l \cdot \beta = s$, also a
in $\varepsilon^{(1)} \cdot b = \varepsilon^{(1)} \cdot l \cdot \beta + \varepsilon^{(1)} \cdot s = l^{(1)} \cdot \beta + s^{(1)}$ die *zwei* ersten Kolon
aus lauter Nullen bestehen, d. h. dass $s^{(1)} = r^{(1)} - l^{(1)} \cdot \beta$ höchst
$(\mu - 2)$-kolonnig wird. Die Gesamtheit der Tettarionen $s^{(1)}$ bi

wieder ein rechtsseitiges Ideal $\mathfrak{s}$, das höchstens $(\mu - 2)$-kolonnig ist, und auf welches man dieselbe Schlussweise anwenden kann, u. s. w. Durch diese Kette von Schlüssen gelangt man nacheinander zu folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} z &= k^{(1)} \cdot \alpha + r^{(1)} \\ r^{(1)} &= l^{(1)} \cdot \beta + s^{(1)} \\ s^{(1)} &= m^{(1)} \cdot \gamma + t^{(1)} \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ v^{(1)} &= p^{(1)} \cdot \zeta \end{aligned}$$

Die Tettarionen $k^{(1)}, l^{(1)}, m^{(1)} \ldots . p^{(1)}$ variieren mit z, während $\alpha, \beta, \gamma \ldots . \zeta$ nur von der Natur des vorgelegten Ideals $\mathfrak{a}$, aber nicht vom speziellen, aus $\mathfrak{a}$ herausgehobenen z abhängig sind. — Da ferner α höchstens μkolonnig ist, β höchstens $(\mu - 1)$-kolonnig, γ höchstens $(\mu - 2)$-kolonnig, u. s. f., so kommt man, nach einer endlichen Anzahl von Operationen, auf ein einkolonniges Tettarion ζ und damit auf eine letzte Gleichung. Jedes Tettarion z des vorgelegten Ideals $\mathfrak{a}$ ist somit in der Form

$$z = k^{(1)} \cdot \alpha + l^{(1)} \cdot \beta + m^{(1)} \cdot \gamma + \cdots + p^{(1)} \cdot \zeta$$

darstellbar, mit andern Worten: Aus dem Ideale $\mathfrak{a}$ kann man Tettarionen $\alpha, \beta, \gamma \ldots . \zeta$ in *endlicher* Anzahl so auswählen, dass jedes Tettarion z aus $\mathfrak{a}$ sich als lineare homogene Funktion derselben darstellen lässt. Dies ist aber gleichbedeutend mit der Aussage: das Ideal $\mathfrak{a}$ besitzt die endliche Basis $[\alpha, \beta, \gamma \ldots \zeta]$.

Aus obigem Beweise geht hervor, dass die Glieder $\alpha, \beta, \gamma \ldots$ der Basis so gewählt werden können, dass ihre Anzahl höchstens μ beträgt. Wir wollen jetzt weiter zeigen, dass diese Anzahl sich immer auf 1 reduzieren lässt:

Angenommen, es sei dies für jede n-gliedrige Basis bereits festgestellt $(n > 1)$; dann würde es auch für jede $(n + 1)$-gliedrige Basis gelten; denn das aus irgend einer n-gliedrigen Basis $[\alpha, \beta, \ldots \zeta]$ erzeugte rechtsseitige Tettarionenideal enthält den Inbegriff der Tettarionen

$$g^{(1)} \cdot \alpha + g^{(2)} \cdot \beta + \cdots + g^{(n)} \cdot \zeta,$$

welche entstehen, wenn $g^{(1)}, g^{(2)} \ldots . g^{(n)}$ unabhängig von einander die Gesamtheit der ganzen Tettarionen durchlaufen. Nach Voraussetzung wäre dieses Ideal mit einem rechtsseitigen Hauptideale $[g \cdot x]$ identisch, d. h. die n-gliedrige Basis $[\alpha, \beta \ldots \zeta]$ liesse sich durch eine eingliedrige Basis $[x]$ ersetzen. Jede $(n + 1)$-gliedrige Basis

$[\alpha, \beta \ldots \zeta, \eta]$ könnte man also durch eine zweigliedrige $[x, \eta]$, und diese wieder durch eine eingliedrige $[y]$ ersetzen. Es genügt somit, nachzuweisen, dass jedes aus *irgend zwei* ganzen μ-Tettarionen a und b erzeugte rechtsseitige Ideal immer Hauptideal ist. — Dieser Nachweis ist für den Fall, dass mindestens eines der beiden μ-Tettarionen a und b eine nicht verschwindende Norm hat, bereits geliefert [1]). Es bleibt nur noch der Fall zu erledigen übrig, in welchem a und b beide Nullteiler sind.

Bekanntlich ist immer $a = \varepsilon^{(1)} \cdot \alpha \cdot \varepsilon^{(2)}$, $b = \varepsilon^{(3)} \cdot \beta \cdot \varepsilon^{(4)}$, wobei die vier $\varepsilon^{(\lambda)}$ $(\lambda = 1, 2, 3, 4)$ passend gewählte Einheits-μtettarionen vorstellen, während α und β Diagonal-μtettarionen sind. Die Basis $[a, b]$ darf man dann durch $[\alpha \cdot \varepsilon^{(2)}, \beta \cdot \varepsilon^{(4)}]$ ersetzen, denn linksseitig assoziierte Tettarionen erzeugen dasselbe rechtsseitige Ideal. Da es sich ferner nur darum handelt, zu entscheiden, ob das Ideal

$$[g^{(1)} \cdot \alpha \cdot \varepsilon^{(2)} + g^{(2)} \cdot \beta \cdot \varepsilon^{(4)}] = [g^{(1)} \cdot \alpha \cdot \varepsilon^{(2)} \cdot (\varepsilon^{(4)})^{-1} + g^{(2)} \cdot \beta]\, \varepsilon^{(4)} =$$
$$= [g^{(1)} \cdot \alpha^{(1)} + g^{(2)} \cdot \beta]\, \varepsilon^{(4)}$$

Hauptideal ist oder nicht, hat man nur nötig, das Ideal $[g^{(1)} \cdot \alpha^{(1)} + g^{(2)} \cdot \beta]$ zu untersuchen. Aus dieser Überlegung geht hervor, dass es nicht eine Einschränkung der Allgemeinheit bedeutet, wenn man voraussetzt, eines der beiden erzeugenden Tettarionen ist Diagonaltettarion. — Demnach sei $[a, b]$ die Basis unseres Ideals, wobei b ein Diagonaltettarion vorstellt. Bedeutet σ seinen Rang (vergl. „Zahlentheorie der Tettarionen" § 8), so besitzt es genau σ nicht verschwindende Komponenten, und von diesen dürfen wir voraussetzen, dass sie die σ letzten Stellen der Hauptdiagonale einnehmen, da wir eventuell durch $\gamma^r \cdot \beta \cdot \gamma^s$ ersetzen können, wo r und s passend gewählte Exponenten sind, während γ das früher definierte Einheitstettarion vorstellt, welches, als Faktor gesetzt, eine cyklische Vertauschung der Kolonnen, bezw. der Zeilen, hervorbringt (v. l. c. § 8, 1). Ohne Einschränkung der Allgemeinheit darf somit gesetzt werden:

$$b = \left\{ \begin{matrix} 0 & \ldots & \ldots & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & \ldots & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & \ldots & b_1 & \ldots & 0 \\ 0 & \ldots & \ldots & b_2 \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & \ldots & \ldots & \ldots & b_\sigma \end{matrix} \right\} \text{ wo } b_\lambda > 0 \ (\lambda = 1, 2, \ldots . \sigma).$$

[1]) Vergl. meine „Zahlentheorie der Tettarionen" § 11, 6. Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellschaft Zürich. Jahrgang 51. 1906.

Bedeutet ϱ den Rang von a, so ist a einem linksseitig reduzierten μ-Tettarion äquivalent, bei welchem die ϱ ersten Hauptdiagonalkomponenten positiv sind, während alle andern Diagonalkomponenten verschwinden. Wir dürfen also setzen:

$$a = \begin{Bmatrix} a_{11}, & a_{12}, & a_{13} & \dots & a_{1,\varrho} & \dots\dots & a_{1,\mu} \\ 0, & a_{22}, & a_{23} & \dots & a_{2,\varrho} & \dots\dots & a_{2,\mu} \\ 0, & 0, & a_{33} & \dots & a_{3,\varrho} & \dots\dots & a_{3,\mu} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \dots\dots & \cdot \\ 0, & 0, & 0 & \dots & a_{\varrho,\varrho} & \dots\dots & a_{\varrho,\mu} \\ 0, & 0, & 0 & \dots & 0, & 0 \dots\dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \dots\dots & \cdot \\ 0, & 0, & 0 & \dots & 0, & 0 \dots\dots & 0 \end{Bmatrix},$$

wobei die $(\mu - \varrho)$ letzten Zeilen lauter Nullen enthalten, $a_{\lambda,\lambda} > 0$ ist $(\lambda = 1, 2, \dots \varrho)$, unterhalb der Hauptdiagonale nur Nullen stehen, oberhalb derselben, in den ϱ ersten Zeilen, beliebige ganze Zahlen.

Jetzt sind zwei Fälle zu unterscheiden:

I. **Fall:** $\varrho + \sigma \geqq \mu$. Unser Ideal enthält, zugleich mit a und b, auch die Summe $a + b = s$. Dieses s hat aber, wegen der getroffenen Annahmen, eine von Null verschiedene Norm (dieselbe ist nämlich gleich dem Produkte der μ Diagonalkomponenten von s); infolgedessen ist das betreffende Ideal sicher Hauptideal, denn es besteht dann nicht ausschliesslich aus Nullteilern.

II. **Fall:** $\varrho + \sigma < \mu$. Damit das aus a und b erzeugte rechtsseitige Ideal Hauptideal sei, ist notwendig und hinreichend, dass 5 Tettarionen: x, α, β, f, g, von solcher Beschaffenheit existieren, dass gleichzeitig

$$\alpha \cdot x = a \tag{1}$$
$$\beta \cdot x = b \tag{2}$$
$$f \cdot a + g \cdot b = x. \tag{3}$$

Dann enthalten nämlich die beiden rechtsseitigen Ideale: $[g^{(1)} \cdot a + g^{(2)} \cdot b]$ einerseits, $[g \cdot x]$ andererseits, genau dieselben Tettarionen, sind also identisch. — In unserm Falle setze man:

$$x = a + b; \; f = g = 1; \; \text{ferner}$$

$$\alpha = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\varrho} e^{(\lambda,\lambda)} = \begin{Bmatrix} 1, 0 & . & \dots & 0 \\ 0, 1, 0 & & \dots & 0 \\ 0, 0, 1, 0 & & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & \dots & 1 \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & \dots & \dots & 0 \end{Bmatrix} \quad \beta = \sum_{\lambda=\mu-\sigma+1}^{\lambda=\mu} e^{(\lambda,\lambda)} = \begin{Bmatrix} 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0, 0 & \dots & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & \dots 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots 1 & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & \dots & \dots & 1 \end{Bmatrix}$$

In α sind nur die ϱ ersten, in β nur die σ letzten Diagonalkomponenten jeweilen gleich 1, während alle übrigen Komponenten sämtlich verschwinden. Man übersieht, dass dann tatsächlich die obigen Gleichungen (1), (2) und (3) bestehen.

Mithin ist jedes rechtsseitige Ideal mit zweigliedriger Basis Hauptideal, also auch ein solches mit endlicher Basis, somit überhaupt jedes rechtsseitige Ideal, infolge des oben bewiesenen Hilfssatzes.

Der entsprechende Fundamentalsatz gilt für linksseitige Tettarionenideale.



Die **„Vierteljahrsschrift“** der naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Fäsi & Beer — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1—50 (1856—1905) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen“ der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vom 51. Jahrgange an beträgt der Preis der Vierteljahrsschrift 12 Fr. jährlich. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr. Er besteht aus der Geschichte der Gesellschaft (274 Seiten und 6 Tafeln), aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen (598 Seiten und 14 Tafeln) und einem Supplemente (66 Seiten).

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter“** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Fäsi & Beer zu beziehen.

Seit 1865 sind erschienen:

G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. A. Escher, v. d. Linth und A. Bürkli: Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. 1871. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. E. Gräffe: Reisen im Innern der Insel Viti Levu. 1868. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. O. Heer: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 1866. Flachs und Flachskultur. 1872. A. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. A. Menzel: Zur Geschichte der Biene und ihrer Zucht. 1865. Die Biene. 1869. C. Moesch: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg. 1867. Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. M. Rikli. Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. G. Schoch: Ein Tropfen Wasser. 1870. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. 1903. R. Wolf: Joh. Feer, Beitrag zur Geschichte der Schweizerkarten. 1873.

Zur Beachtung.

Die Bibliothek ist täglich — mit Ausnahme von Sonn- und Festtagen — geöffnet von 9—12 Uhr und 1/2 2—5 Uhr (im Winter bis zum Eintritt der Dunkelheit).

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,

Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

52

Zweiundfünfzigster Jahrgang. 1907. Drittes und viertes Heft.

Hierzu Tafel XIII bis XX.

Ausgegeben am 4. April 1908.

Zürich,

in Kommission bei Fäsi & Beer.

1908.

TYP. ZÜRCHER & FURRER, ZÜRICH.

Inhalt.

Zur Absorption der Röntgenstrahlen.

Von

H. Zuppinger.

Die Durchlässigkeit der Stoffe für Röntgenstrahlen ist der Gegenstand einer Reihe von Untersuchungen und Publikationen gewesen. Zum Teil war die Bestimmung der Durchlässigkeit wissenschaftlicher Selbstzweck, wie bei v. Röntgen selbst, dann bei Benoist; andere zeigten ihren Einfluss auf die Bildqualität; Perthes[1]) studierte die Durchlässigkeit tierischer Gewebe zum Zwecke, die therapeutische Tiefenwirkung wissenschaftlich zu begründen. Von allen Autoren wurde bisher als Mass der Durchlässigkeit benützt der Quotient zwischen der durch Absorption verminderten und der unverminderten Strahlenmenge, der noch mit der Dicke der durchstrahlten Stoffschicht zu verbinden war. Schon v. Röntgen hat gefunden, dass die Durchlässigkeit ebenso wohl durch Eigenschaften des Stoffes (Dichte) als der Strahlen (Härte) bestimmt wird.

Der Begriff und die Bemessung der Durchlässigkeit ergibt sich unmittelbar aus den Untersuchungsmethoden, d. h. aus den beobachteten Strahlungsintensitäten. Der Teil der Strahlung, der bei der Durchstrahlung absorbiert wird, wird nicht direkt bestimmt, ist aber durch Subtraktion leicht zu finden, und es erzeugt sich so auch der Begriff des Absorptionsvermögens. Ist nämlich in einer bestimmten Entfernung vom strahlenden Punkte die Intensität der Strahlung gleich J, und es sinkt durch Zwischenschaltung einer absorbierenden Schicht die Intensität an der nämlichen Stelle auf i, so ist $\frac{i}{J}$ die Durchlässigkeit eben dieser zwischengeschalteten Schicht von bestimmter Dicke und aus dem gegebenen Material und zwar für die

---

[1]) Fortschritte, Röntgenstrahlen VIII, 1.

verwendete Strahlenqualität. Für diese nämliche Schicht und die nämliche Strahlenqualität ist in gleicher Weise $\frac{J-i}{J}$ oder $1 - \frac{i}{J}$ das Absorptionsvermögen. Durchlässigkeit und Absorptionsvermögen sind komplementäre Grössen, die sich zur Einheit ergänzen.

Bereits v. Röntgen hat die Durchlässigkeit der Stoffe auf verschiedene Arten bestimmt und ausgedrückt. Es ist einerseits möglich, die Durchlässigkeit als eine abstrakte Zahl zu erhalten, und das ist ohne Zweifel am ehesten anzustreben. Der Weg zu diesem Ziele ist aber auch der mühsamste, und er wird deshalb nur zur Schaffung einer Grundlage beschritten werden. Andrerseits kann auch die Durchlässigkeit eines Körpers mit derjenigen eines zweiten Körpers verglichen, mit derselben gemessen werden; es resultieren so Relativzahlen, ähnlich den spezifischen Gewichten, während die abstrakten Masszahlen ihr Analogon in den Brechungsexponenten finden. Sobald übrigens für einen Körper die absolute Durchlässigkeit bekannt ist, können die Durchlässigkeiten der andern Körper ebenfalls in absolute Zahlen umgerechnet werden.

Es konnte natürlich nicht genügen, die absolute oder relative Durchlässigkeit eines Körpers aus gegebenem Stoffe und von gegebener Dicke zu kennen; es musste weiter der Zusammenhang zwischen Dicke und Durchlässigkeit aufgesucht werden. Diese Aufgabe ist in gewissem Sinne und mit sehr bemerkenswertem Resultat durch v. Röntgen behandelt worden. Es entstand so der Begriff der äquivalenten Dicke, der besonders von Benoist gepflegt worden ist. Diese Art der Behandlung, die den Vorteil einer einfachern Versuchsanordnung gewährt, entspricht einer Umkehrung der frühern Fragestellung, und liefert direkt vergleichbare Zahlen. Dass so nur relative Zahlen gewonnen werden konnten, ist selbstverständlich. Die Relation zwischen Schichtdicke und Durchlässigkeit kann aber auf diese Weise nicht gefunden werden; dazu gehören Durchlässigkeitsbestimmungen am nämlichen Stoff bei verschiedenen Dicken. In dieser Weise ist schon v. Röntgen vorgegangen, später auch Perthes. Bisher sind, so viel ich sehe, die Ergebnisse dieser Untersuchungsart einfach registriert worden, und zwar als absolute Durchlässigkeite[n].

Die rechnerische Bearbeitung zeigt nun, dass die Abhängigke[it] der Durchlässigkeit von der Dicke nicht ganz einfacher Natur i[st] und sie führt auf eine weitere Grösse, welche ihrem Wesen na[ch] Absorptionsindex oder -exponent heissen kann. Die Einführung dies[es] Index scheint die Rechnung etwas mühsam zu machen; das ist ab[er] doch nicht der Fall, und irgend ins Gewicht fallen könnte eine um[-]ständliche Rechnung nicht, wenn dabei die Darstellung richtig i[st]

und umfassender wird. Der Absorptionsindex wird diesen Forderungen entsprechen, wenn die Voraussetzung zutrifft, dass in dem durchstrahlten Körper jeder Teil der Strahlung nur quantitativ, nicht aber qualitativ sich ändere. Die Richtigkeit dieser Prämisse ist nicht erwiesen, wird aber hier in Analogie zur Absorption der strahlenden Energie vorausgesetzt.

Bei der Aufsuchung der Absorptionsindices erheben sich die gleichen Schwierigkeiten, wie bei allen Untersuchungen an Röntgenstrahlen: die Sekundärstrahlen und das gleichzeitige Auftreten primärer Strahlen von verschiedener Härte. Dadurch werden Störungen bedingt, die sich nicht vollständig beseitigen, aber doch so klein halten lassen, dass die gefundenen Werte praktisch verwendbar sind. Durch die Sekundärstrahlen, welche in der durchstrahlten Schicht entstehen, wird die Grösse i, die Intensität der austretenden Strahlung zu gross, und dadurch fällt die Durchlässigkeit der Schicht zu hoch, ihr Absorptionsvermögen zu niedrig aus. Die Mischung aus härtern und weichern Strahlen, wie sie von der Röhre emittiert wird, erleidet auf ihrem Weg durch eine absorbierende Schicht eine Änderung auch ihrer Zusammensetzung; es tritt eine relative Zunahme der harten Strahlen ein, weil die weicheren stärker absorbiert werden. Das austretende Strahlengemisch ist deshalb von dem eintretenden nicht nur nach Intensität, sondern auch nach Zusammensetzung verschieden, und streng genommen können sie miteinander nicht gemessen werden. Es wird aus diesem Grunde der Quotient $\frac{i}{J}$ ungenau sein. So lange es nicht gelungen ist, die zusammengesetzte Strahlung in ihre Teile zu zerlegen, muss man sich mit dieser Ungenaugigkeit zufrieden geben.

An beiden Schwierigkeiten ändert die Einführung eines Absorptionsindex gar nichts, derselbe wird vielmehr von denselben gerade so afficiert wie die Durchlässigkeit; er wird aber trotzdem sich nützlich erweisen, weil er die Möglichkeit gibt, die Relationen der in Betracht kommenden Faktoren zu einer umfassenderen Darstellung zu bringen.

Bei der medizinischen Verwendung der Röntgenstrahlen scheint es nicht von merklicher Bedeutung zu sein, dass die Strahlen stets gemischt sind. Es herrschen jeweilen Strahlen annähernd gleicher Penetrationskraft so stark vor, dass man das Gemenge unter Umständen als etwas Homogenes betrachten darf. In der Röntgenpraxis ist es also statthaft, auf die strenge Genauigkeit zu verzichten und sich mit Annäherungen zu behelfen. Aber gerade hier besteht ein starkes Bedürfnis, die Durchlässigkeit der Untersuchungsobjekte für die verschiedenen Strahlenhärten und ihre Relation zur Dicke zu

kennen. Eben diese Relation lässt sich nur unter Zuhilfenahme des Absorptionsindex ausdrücken. Und unter Beobachtung der nötigen Cautelen ist es auch möglich, praktisch brauchbare Indices aufzustellen.

Vor längerer Zeit habe ich mich daran gemacht, die Absorptionsverhältnisse zu studieren. Die Grundformel, die im folgenden abgeleitet wird, ist, wie ich sehe,[1]) schon längst für die integrale Absorption gemischten Lichtes benützt worden. Ungünstige äussere Verhältnisse haben mich verhindert, eine Reihe von Stoffen auf ihren Absorptionsindex hin zu bearbeiten; immerhin habe ich einige Bestimmungen ausgeführt, aus denen sich wenigstens die Brauchbarkeit der Methoden und die Verwendbarkeit der gewonnenen Resultate zu ergeben scheint. Ich hoffe, dass von anderer Seite diese Untersuchung mit bessern Mitteln aufgenommen werde.

I.

Emittiert die Röntgenröhre ihre Strahlen in den leeren Raum, so ist die Intensität der Strahlung an einem Punkte abhängig von der Entfernung dieses Punktes von der Strahlenquelle. Die Intensität, d. h. die Strahlenmenge, die in der Zeiteinheit auf ein zur Strahlenrichtung senkrechtes Flächenstück vom Inhalt 1 fällt, ist umgekehrt proportional dem Quadrate des Abstandes dieses Flächenstückes vom strahlenden Punkt.

Bedeutet r den Abstand von der Strahlenquelle,
J die Intensität im Abstand r,
J_0 die Intensität im Abstand 1,

so ist
$$J = \frac{J_0}{r^2} = J_0 r^{-2}. \qquad (1)$$

Aus der Gleichung ist unmittelbar ersichtlich, dass die Intensität J erst bei unendlich grossem Wert von r gleich Null wird. Setzt man für r zunehmende Zahlenwerte ein, so nimmt J oder auch das Verhältnis $\frac{J}{J_0}$ ab, aber diese Abnahme ist nicht proportional der Zunahme von r. Folgende Tabelle veranschaulicht dieses Verhalten.

r	J	Differenz
0,25	16	
		12,0
0,5	4	
		2,22
0,75	1,78	
		0,78
1	1	
		0,75
2	0,25	
		0,14
3	0,11	

[1]) Schmidt, physische und math. Geographie. Göttingen 1829.

r	J	Differenz
4	0,063	0,047
5	0,04	0,023
6	0,028	0,014
7	0,02	0,008
8	0,016	0,004
9	0,012	0,004
10	0,01	0,002

Nahe der Strahlenquelle nimmt also die Intensität rascher ab als in grösserer Entfernung.

II.

Beim Durchgang durch ein Medium vermindert sich die Intensität der Strahlen durch Absorption. Um den Einfluss der Absorption gesondert untersuchen zu können, wird vorerst angenommen, es handle sich um parallele Strahlen, d. h. es trete keine Intensitätsverminderung durch Ausbreitung ein. Es sei nun die Intensität der in das Medium eintretenden Strahlen $= J$, in der Tiefe x bestehe die Intensität i. Durchdringen nun in der Tiefe x die Strahlen eine Schicht von der unendlich kleinen Dicke dx, so nimmt die Intensität i ab um den unendlich kleinen Betrag di. Da dx unendlich klein ist, so ist ihm di proportional; sie sind aber entgegengesetzte Grössen, weil dx eine Vergrösserung der Tiefe, di eine Verminderung (der Intensität) bedeutet. Ferner ist di der Grösse i proportional, weil die Intensität sich je um einen bestimmten Bruchteil vermindert. Endlich ist di proportional einem Faktor α, welcher durch die Eigenschaften des Mediums und durch die Qualität der Strahlen bestimmt ist. Es besteht also die Beziehung

$$di = -\alpha i dx \quad \text{oder} \tag{2}$$

$$\frac{di}{i} = -\alpha dx. \tag{3}$$

Die Grösse α ist der Absorptionsindex, und die Formel sagt aus, dass α das Mass für die relative Intensitätsabnahme $\frac{di}{i}$ ist, welche parallele Strahlen beim Passieren der unendlich dünnen Schicht erleiden.

Durch Integration kommt aus Gleichung (3)

$$\lg i = -\alpha x + C,$$

und weil für $x = O$, d. h. an der Oberfläche des Mediums $i = J$, so ist $C = \lg J$. Es ist also

$$\lg i = \lg J - \alpha x \quad \text{oder auch} \tag{4}$$

$$i = J \cdot e^{-\alpha x}. \tag{5}$$

Da x die Dicke der durchstrahlten Schicht bedeutet, wird es künftig durch den Buchstaben δ ersetzt werden; e ist die Basis der natürlichen Logarithmen.

Aus der Gleichung (5) ist ersichtlich, dass die Strahlungsintensität i im Sinne einer geometrischen Progression abnimmt, wenn die Dicke δ nach einer arithmetischen Progression wächst. Ganz verschwindet durch die Absorption die Strahlung nicht, bis die Dicke δ unendlich gross ist.

Wird nach Gleichung (5) eine Tabelle angefertigt, so sieht man, dass in den oberflächlichen Schichten die Intensität rascher abnimmt als in den tiefern. Um auch den Einfluss von α zu zeigen, sind dafür zwei Werte, nämlich 0,115 und 0,023 eingesetzt. Bei grösserem α nimmt die Intensität rascher ab.

δ in mm	i α = 0,115	i α = 0,023	δ in mm	i α = 0,115	i α = 0,023
0	1,000	1,000	10	0,316	0,794
1	0,891	0,977	20	0,100	0,631
2	0,794	0,955	30	0,032	0,501
3	0,708	0,933	40	0,010	0,398
4	0,631	0,912	50	0,003	0,316
5	0,562	0,891	60	0,001	0,251
6	0,501	0,871	70	—	0,200
7	0,447	0,851	80	—	0,159
8	0,398	0,832	90	—	0,126
9	0,355	0,813	100	—	0,100

Bei gegebener Dicke der Schicht, Absorptionsvermögen des Stoffes und Härte der Strahlen hat das Produkt $\alpha\delta$ einen bestimmten Wert. Es ist aber δ eine Masszahl, also abhängig von der gewählten Masseinheit. Wird z. B. die Dicke von 5 cm in Millimetern ausgedrückt, so ist $\delta = 50$; wird als Einheit der Centimeter genommen, so ist $\delta = 5$. Für Centimeter ist deshalb der Index zehnmal so gross als für Millimeter; allgemein ist der Absorptionsindex der Grösse der Masseinheit direkt proportional. Darin besteht eine grosse Bequemlichkeit für die Rechnung.

Schon daraus ergibt sich ohne weiteres, dass der Index keineswegs ein echter Bruch sein muss.

III.

Gehen parallele Strahlen von der Intensität J nacheinander durch ıhrere Medien von den Dicken $\delta_{,}$, $\delta_{,,}$, $\delta_{,,,}$ u. s. w. und von den Indices $\alpha_{,,}$, $\alpha_{,,,}$, u. s. w., so ist die Intensität der austretenden Strahlen

$$i = J \cdot e^{-\alpha_{,} \delta_{,} - \alpha_{,,} \delta_{,,} - \alpha_{,,,} \delta_{,,,} \ldots},$$

nn beim Austritt aus dem ersten Medium ist die Intensität

$$i_{,} = J \cdot e^{-\alpha_{,} \delta_{,}}.$$

r den Eintritt in die zweite Schicht ist diese Intensität an die elle von J zu setzen, und es kommt für die Strahlen, welche die eite Schicht verlassen

$$i_{,,} = J \cdot e^{-\alpha_{,} \delta_{,} - \alpha_{,,} \delta_{,,}} \qquad \text{u. s. w.}$$)

Die Reihenfolge der Schichten ist gänzlich ohne Einfluss.

IV.

Tatsächlich sind die Röntgenstrahlen nicht parallel, sondern sie vergieren von einem Punkte der Antikathode aus. Gehen sie durch ı Medium hindurch, so vermindert sich ihre Intensität ebenso wohl rmöge der Ausbreitung als durch die Absorption. Der Zusammenng beider Schwächungen kann folgendermassen gezeigt werden:

Ist im Abstand $= 1$ vom Focus die Strahlungsintensität $= J_0$, ist vermöge der Ausbreitung allein nach Gleichung (1) im Abnd $= r$ die Intensität $J = J_0\, r^{-2}$. Wird eine absorbierende Schicht eingeschaltet, dass die Strahlen im Abstande $= r$ aus derselben streten, so entsteht eine zweite Verminderung der Intensität. nau die nämliche Verminderung könnte aber auch hervorgebracht rden durch eine unendlich dünne Schicht mit entsprechend grossem sorptionsindex. Bedingung ist nur, dass die Exponenten beider ıichten gleich gross sind; ob ein Medium mit genügend grossem lex überhaupt existiert, ist vollkommen gleichgültig. Die Strahlung, lche in diese unendlich dünne Schicht eindringt, hat, wie gesagt, Intensität $J = J_0\, r^{-2}$. Die aus der Schicht austretenden Strahlen d nach Gleichung (5) von der Intensität

$$i = J \cdot e^{-\alpha \delta} \qquad \text{oder auch}$$

$$i = J_0\, r^{-2}\, e^{-\alpha \delta}$$

Das ist die Grundgleichung für gleichzeitige Absorption und ısbreitung, mit andern Worten, für Strahlen, die von einem Punkte sgehen.

Bequemer für den Gebrauch kann die Gleichung auch geschrieben rden

$$\lg i = \lg J_0 - 2 \lg r - \alpha \delta \qquad \text{oder}$$

$$\log i = \log J_0 - 2 \log r - 0{,}43429 \cdot \alpha \delta.$$

Durch diese Gleichung wird nicht die Intensität der aus einem absorbierenden Medium austretenden Strahlen mit der Intensität der eintretenden verglichen; sondern es gibt die Gleichung an, wie viel Mal in gegebenem Abstand vom Focus die Intensität der Strahlen, welche eine absorbierende Schicht passiert haben, kleiner ist, als sie ohne solche absorptive Wirkung wäre. Der Abstand der absorbierenden Schicht vom Focus ist selbstverständlich kleiner als r, im übrigen aber ohne Einfluss. Sind statt einer Schicht ihrer mehrere mit verschiedenen Dicken und Indices zu durchstrahlen, so ist der Exponent von e zu erweitern wie in Gleichung (5^a).

V.

Der Absorptionsindex α drückt keineswegs nur eine Eigenschaft des Mediums aus, sondern vielmehr das Verhalten zweier Dinge gegen einander. Der Index wird nicht weniger von der Penetrationskraft der Strahlen bestimmt, als von der Dichte des Stoffes. Der Index eines Stoffes gilt deshalb nur für eine bestimmte Strahlenqualität, und diese ist jeweilen anzugeben. Es sind so nicht nur die Indices der Stoffe für eine Strahlenart, sondern auch diejenigen eines jeden Stoffes für verschiedene Strahlenarten experimentell zu bestimmen.

Für harte Strahlen und leichte Medien ist α klein, für schwere Medien und weiche Strahlen ist α gross. In welcher Weise Strahlenqualität und Dichte des Mediums zusammenwirken oder sich kompensieren, wäre noch zu erforschen.

Wenn der Exponent $-\alpha\delta$ eine gegebene Grösse ist, so sind die beiden Faktoren α und δ einander umgekehrt proportional; je grösser also α, desto kleiner ist δ und umgekehrt. Sind die relativen Absorptionen zweier Schichten aus verschiedenen Stoffen einander gleich, so ist auch

$$e^{-\alpha_{,}\delta_{,}} = e^{-\alpha_{,,}\delta_{,,}} \quad \text{woraus}$$

$$\alpha_{,}\delta_{,} = \alpha_{,,}\delta_{,,} \tag{9}$$

d. h. für Schichten aus verschiedenen Stoffen, aber mit gleicher Absorption sind die Produkte aus Index und Dicke einander gleich, oder es verhalten sich die Indices zweier solcher Schichten zu einander umgekehrt wie deren Dicken.

Daraus ergibt sich von selbst der Begriff der äquivalenten Dicke der Stoffe. Mit diesem Begriffe hat bereits v. Röntgen gearbeitet. Das Äquivalent der Durchlässigkeit, das Benoist[1]) aufgestellt hat, könnte mit einigem Rechte ebenfalls äquivalente Dicke genannt

[1]) Comptes rendus T. 132, 1.

werden; Benoist drückt aber sein Äquivalent in Dezigrammen aus, und demgemäss ist es als äquivalente Masse aufzufassen. Es unterscheidet sich aber von der obigen äquivalenten Dicke ganz wesentlich: die Äquivalente der Durchlässigkeit nach Benoist sind ihren Zahlenwerten nach von einander verschieden, die Produkte aus Dicke und Absorptionsindex aber sind für gleiche relative Absorption immer gleich gross. Und doch ist das Äquivalent von Benoist ebenfalls ein Produkt aus Dicke mit einem Faktor, der Dichte des Stoffes. Da aber die Dichte dem Absorptionsvermögen keineswegs proportional ist, so kann die äquivalente Masse mit dem Exponenten $-\alpha\delta$ nicht verglichen werden. Wenn die Ausführungen von Benoist richtig sind, so würde man den Index α erhalten, wenigstens für die Elemente, wenn die Dichte mit einer, übrigens unbekannten Funktion des Atomgewichtes multipliziert wird. Ferner sind die Äquivalente der Durchlässigkeit ihrem Wesen nach relative Grössen und geben keinen Aufschluss über die Strahlungsabnahme innerhalb eines Körpers. Der Absorptionsindex dagegen ist eine absolute Grösse, die äquivalente Dicke gestattet ein einfaches Arbeiten und wohl auch die Lösung weiterer Fragen.

VI.

Die Gleichung (6), welche das Absorptionsgesetz der Röntgenstrahlen ausdrücken soll, ist abgeleitet worden unter der Voraussetzung, dass beim Durchtritt durch ein Medium die Strahlen nur an Intensität verlieren, ihre Qualität aber nicht ändern. Diese Annahme scheint durch meine, allerdings nicht zahlreichen Untersuchungen bestätigt zu werden. Der genauen experimentellen Prüfungen stehen zwei Umstände hinderlich im Wege.

Das Absorptionsgesetz gilt nur für eine homogene Strahlung, d. h. für Strahlen gleichen Durchdringungsvermögens. Es sendet aber die Röntgenröhre immer ein Gemisch von verschieden harten Strahlen aus, deren vollständige Trennung bisher nicht gelungen ist. Schon v. Röntgen hat beobachtet, dass die X-Strahlen nach dem Austritt aus einem absorbierenden Medium härter sind als beim Eintritt in dasselbe. Er hat daraus geschlossen, dass die Strahlung eine zusammengesetzte sei, unter der Annahme, eine einfache Strahlung ändere bei Absorptionsvorgängen ihre Härte nicht. Es ist ja leicht verständlich, dass von einem Gemisch aus weichen und harten Strahlen ein absorbierender Körper mehr weiche Strahlen zurückhält, und dass so eine Anreicherung an harten Strahlen entsteht. Das ist denn auch der Vorgang, welcher dazu benützt werden kann, eine Strahlung homogener zu machen, freilich unter Verlust an Gesamt-

intensität. An Hand der obigen Gleichung ist diese Anreicherung an harten Strahlen ersichtlich.

In seiner III. Mitteilung, 5. sagt v. Röntgen[1]):

„Wenn zwei Platten aus verschiedenen Körpern gleich durchlässig sind, so braucht diese Gleichheit nicht mehr zu bestehen, wenn die Dicke dieser Platten in demselben Verhältnis und sonst nichts geändert wird". Auch diese Tatsache hat ihren Grund darin, dass die Strahlung eine zusammengesetzte ist. Hätte man es mit homogenen Strahlen zu tun, für welche die beiden Körper die Absorptionsindices α und β hätten, während die Plattendicken $\delta_{,}$ und $\delta_{,,}$ sind, so ist nach Gleichung (6)

$$J \cdot e^{-\alpha \delta_{,}} = J \cdot e^{-\beta \delta_{,,}}.$$

Werden nun beide Dicken mit dem beliebigen Faktor n multipliziert, so kommt die weitere Gleichung

$$J \cdot e^{-\alpha n \delta_{,}} = J \cdot e^{-\beta n \delta_{,,}}.$$

Für homogene Strahlen bliebe demnach die Gleichheit der Durchlässigkeit erhalten, auch wenn die Plattendicken in demselben Verhältnis geändert werden.

Mit einem Strahlengemenge wird das Resultat ein anderes. Die Komponenten mögen die Intensitäten a, b, c usw. haben, und die Indices des einen Körpers für die Komponenten seien $\alpha_{,}$, $\alpha_{,,}$, $\alpha_{,,,}$ usw., die des andern Körpers $\beta_{,}$, $\beta_{,,}$, $\beta_{,,,}$ etc. Dann ist bei gleicher Durchlässigkeit der Platten

$$a \cdot e^{-\alpha_{,} \delta_{,}} + b \cdot e^{-\alpha_{,,} \delta_{,}} + c \cdot e^{-\alpha_{,,,} \delta_{,}} + \cdots = a \cdot e^{-\beta_{,} \delta_{,,}} + b \cdot e^{-\beta_{,,} \delta_{,,}} + c \cdot e^{-\beta_{,,,} \delta_{,,}} + \cdots$$

Werden nun die Plattendicken mit n multipliziert, so kommt die Ungleichheit

$$a \cdot e^{-\alpha_{,} n \delta_{,}} + b \cdot e^{-\alpha_{,,} n \delta_{,}} + c \cdot e^{-\alpha_{,,,} n \delta_{,}} + \cdots \neq a \cdot e^{-\beta_{,} n \delta_{,,}} + b \cdot e^{-\beta_{,,} n \delta_{,,}} + c \cdot e^{-\beta_{,,,} n \delta_{,,}} + \cdots$$

Für die Richtigkeit dieser Erklärung spricht die Beobachtung, dass die Ungleichheit der Durchlässigkeit stark vermindert wird, wenn durch Einschaltung eines absorbierenden Schirmes die Strahlung homogener gemacht worden ist.

VII.

Die Absorption vollzieht sich nicht in der Weise, dass ein Teil der Röntgenstrahlung das Medium unverändert passiert, der übrige Teil sich in eine andere Energieform, z. B. in Wärme umwandelt.

---

[1]) Sitzungsber. der k. preussischen Akad. der Wissenschaften 1897.

Vielmehr erregen die Strahlen, die von der Antikathode ausgehen, in dem Medium auch Strahlen, die von dessen Molekeln ausgehen. Diese sekundären Strahlen sind zu dem absorbierten Teil zu rechnen, insofern auf ihre Kosten die primären Strahlen an Intensität verloren haben; andrerseits erhöhen sie die nachweisbare Gesamtintensität der aus dem Medium austretenden Strahlen. Für alle Untersuchungen muss wegen dieser Unsicherheit danach getrachtet werden, die Sekundärstrahlen möglichst zu unterdrücken. Das kann geschehen durch Arbeiten mit dünnen Schichten und durch Abblenden aller unbenützten Röhrenwand und der ganzen Umgebung des Objektes. Eine gewisse Ungenauigkeit ist durch die Sekundärstrahlen immer bedingt, das hat man sich gegenwärtig zu halten.

VIII.

Im folgenden habe ich mich ausschliesslich der radiographischen Methode bedient, weil eine andere mir nicht zu Gebote stand. Grundlage ist, dass, wenn zwei Stellen einer photographischen Platte nach Bestrahlung mit der nämlichen Strahlenart und -intensität gleiche Schwärzungen annehmen, die einwirkenden Strahlenmengen gleich gross gewesen sind. Unter Strahlenmenge ist verstanden die Intensität, multipliziert mit der Zeit t.

Bei allen vorzunehmenden Prüfungen haben die Röntgenstrahlen, nachdem sie die Röhre verlassen, erst die atmosphärische Luft zu durchsetzen, ehe sie zum Objekt oder zur photographischen Platte gelangen. Es ist deshalb nötig, den Einfluss oder den Absorptionsindex der Luft festzustellen. Nach Gleichung (6) sollte das durch zwei Bestrahlungen einer Photoplatte zu erreichen sein. Wird die eine Plattenhälfte im Abstande $r_,$ während $t_,$ Sekunden der Strahlung von bestimmter Intensität und Härte ausgesetzt, und ist R der Radius der Röntgenröhre, so entsteht eine Schwärzung entsprechend dem Ausdruck

$$J_0\, r_,^{-2}\, t_, \cdot e^{-\alpha(r_, - R)}.$$

Auf der andern Plattenhälfte ist die gleiche Schwärzung hervorzurufen durch eine Exposition über die Zeit $t_{,,}$ beim Abstand $r_{,,}$ und sonst ungeänderten Bedingungen. Die Schwärzung entspricht nun dem Ausdruck

$$J_0\, r_{,,}^{-2}\, t_{,,} \cdot e^{-\alpha(r_{,,} - R)},$$

welcher mit dem ersten gleichwertig ist. Wird zu den Logarithmen übergegangen, so kommt

$$\log t_, - 2\log r_, - 0{,}4343\,(r_, - R)\,\alpha =$$
$$= \log t_{,,} - 2\log r_{,,} - 0{,}4343\,(r_{,,} - R)\,\alpha.$$

Nach Vornahme der nötigen Kürzungen wird auf α reduziert, und es ist schliesslich

$$\alpha = \frac{2 \log \frac{r_{,}}{r_{,,}} + \log \frac{t_{,,}}{t_{,}}}{0{,}4343\,(r_{,,} - r_{,})}.$$

Aus einer Reihe von Versuchen bei einer Stromstärke von fünf Ampères und einem Röhrenwiderstand, der einer Funkenstrecke von 8 cm gleich war, ergaben sich gleiche Schwärzungen bei

$$r_{,} = 705 \text{ mm} \qquad t_{,} = 30 \text{ sec}$$
$$r_{,,} = 1515 \text{ mm} \qquad t_{,,} = 150 \text{ sec.}$$

Es waren also $r_{,,} - r_{,} = 810$ mm $\quad \frac{r_{,}}{r_{,,}} = 0{,}465$

$$\frac{t_{,,}}{t_{,}} = 5.$$

Werden diese Werte eingesetzt, so ist

$$\alpha_8 = \frac{9{,}3356 + 0{,}6990}{0{,}4343 \cdot 810} = \underline{0{,}000098.}$$

Dieser Absorptionsindex der Luft gilt für eine Strahlenhärte, die einer Funkenstrecke von 8 cm entspricht, und wenn der Millimeter die Masseinheit ist. Wenn also Röntgenstrahlen von der genannten Härte in der Luft sich fortpflanzen, so ist im Abstand r vom Focus ihre Intensität

$$i = J_0\, r^{-2} \cdot e^{-0{,}000098\,(r - R)}.$$

Die Abnahme der Intensität erfolgt schneller in der Luft als im leeren Raum, weil $e^{-0{,}000098\,(r-R)}$ jederzeit ein echter Bruch ist; dieser Bruch wird kleiner mit wachsendem r.

Darnach ist bei einem Röhrendurchmesser von 20 cm und dem

Focalabstand	die Intensität im Vacuum	in der Luft
10 cm	1000	1000
20 „	250	247,5
30 „	111	109
40 „	62,5	60,7
50 „	40	38,5
60 „	27,8	26,5
70 „	20,5	19,25
80 „	15,6	14,6
90 „	12,4	11,5
100 „	10	9,15

IX.

Zur Bestimmung der absoluten Indices fester oder flüssiger Stoffe kann die nämliche Gleichung (6) dienen; es werden bei gleichem Abstand der photographischen Platte zwei verschieden dicke Schichten

des zu prüfenden Stoffes bis zur gleichen Schwärzung durchstrahlt. Die Luftschicht, welche zwischen dem Focus und dem Objekt sich befindet, ist zwar bei beiden Bestrahlungen nicht genau gleich dick; ist aber der Dickenunterschied nicht grösser als wenige Zentimeter, so kann der Einfluss der Luft vernachlässigt werden.

Aus der Doppelaufnahme ergibt sich

$$t_{,} \cdot e^{-\alpha \delta_{,}} = t_{,,} \cdot e^{-\alpha \delta_{,,}} \qquad \text{oder}$$

$$\lg t_{,} - \alpha \delta_{,} = \lg t_{,,} - \alpha \delta_{,,} \qquad \text{woraus}$$

$$\frac{\log \frac{t_{,,}}{t_{,}}}{0{,}4343\,(\delta_{,,} - \delta_{,})} = \alpha.$$

Für Glas (von photographischen Platten) war

$$d_{,} = 6{,}5 \text{ mm} \qquad t_{,} = 60 \text{ sec}$$
$$d_{,,} = 9{,}75 \text{ mm} \qquad t_{,,} = 120 \text{ sec}$$

ler Röhrenwiderstand = 8 cm Funkenstrecke.

Diese Werte eingesetzt, gibt

$$\alpha_8 = \frac{0{,}30103}{0{,}4343 \cdot 3{,}25} = \underline{0{,}213}.$$

In einem andern Versuch waren

$$d_{,} = 3{,}25 \text{ mm} \qquad t_{,} = 30 \text{ sec}$$
$$d_{,,} = 8{,}125 \text{ mm} \qquad t_{,,} = 85 \text{ sec.}$$

Daraus gleicherweise

$$\alpha_8 = \underline{0{,}213}$$

Für Wasser war bei Röhrenwiderstand = 4,5 cm Funkenstrecke

$$d_{,} = 20 \text{ mm} \qquad t_{,} = 132 \text{ sec}$$
$$d_{,,} = 10 \text{ mm} \qquad t_{,,} = 60 \text{ sec}$$

daraus $\alpha_{4,5} = \underline{0{,}077}.$

Bei längern Versuchsreihen mit dem nämlichen Stoff und gleicher Röhrenhärte zeigt sich, dass die Differenz der Schichtdicken oder auch diese selbst ohne Einfluss auf den Index sind, so lange die Schichten nicht sehr dick oder sehr dünn genommen werden. Bei sehr dicken Schichten wird der Index etwas kleiner, wahrscheinlich durch reichlichere Sekundärstrahlen. Sind hingegen die Schichten sehr dünn, oder gar die eine $= O$, so fällt der Index grösser aus. Die Ursache wird in den weichen Strahlen zu suchen sein, welche die dünnen Schichten noch durchdringen, von dickern aber fast vollständig zurückgehalten werden. Wenigstens hört diese Erscheinung auf, wenn ein Schirm zwischen Röhre und Objekt eingeschaltet ist.

Meine bisherigen Untersuchungen lassen mich vermuten, dass die oben abgeleitete Grundgleichung zutreffend ist, und dass mit ihrer Hilfe trotz der Sekundärstrahlen und dem Auftreten weicherer

Strahlen brauchbare Indices geliefert werden. Die Gleichung sowohl als die Absorptionsindices scheinen mir eine Erleichterung für das Verständnis und auch für die praktische Anwendung zu sein. Vielfache Nachprüfung ist allerdings geboten.

X.

Die Bestimmung eines absoluten Index ist immer eine mühsame Arbeit. Wenn aber einmal einige absolute Indices festgestellt sind, ermöglicht die Gleichung

$$\alpha_{,} \delta_{,} = \alpha_{,,} \delta_{,,}$$

eine grosse Vereinfachung des Verfahrens. Es resultieren dann allerdings nur relative Werte, ihre Umrechnung in absolute Indices ist aber höchst einfach.

Besitzt man von einem Stoffe mit bekanntem Index einen Keil mit bekanntem Zuschärfungswinkel, so kann derselbe als Messinstrument dienen, und es ist dann je nur eine Aufnahme nötig. Durch die Bestrahlung entsteht nämlich unter dem Keil ein Feld, dessen Schwärzung von der Schneide gegen das Haupt hin allmählich abnimmt. Bei entsprechenden Dimensionen des Keils und genügender Exposition gelingt es leicht, eine Abstufung vom dunkeln Schwarz bis zur Durchsichtigkeit zu gewinnen. Legt man neben den Keil während der Bestrahlung den zu prüfenden Körper, der entweder planparallel begrenzt oder ebenfalls keilförmig ist, so erhält man ein zweites Feld, das an einer oder mehreren Stellen gleiche Schwärze hat, wie sie auch im ersten Feld vorkommt. Das Auffinden und Vergleichen der gleichen Tiefen ist nun sehr viel leichter, wenn die fraglichen Stellen nebeneinander liegen. Das ist immer der Fall, wenn der zu prüfende Körper eine planparallele Platte ist, oder, wenn bei Keilform desselben je die Schneide des einen Keils neben dem Haupt des andern liegt.

Für die beiden Stellen gleicher Schwärzung ist dann die Dicke zu bestimmen. Die Dicken der beiden Stoffe verhalten sich umgekehrt wie die Absorptionsindices. Ist also der Index des einen Stoffes gegeben, so resultiert sofort auch derjenige des andern; sonst aber erhält man nur das Verhältnis der beiden Indices.

Aus der Beobachtung v. Röntgens, dass bei Änderung der absoluten Dicken auch die äquivalenten Dicken sich ändern, ergibt sich die Notwendigkeit, bei dieser wie bei der vorigen Bestimmungsmethode die Strahlen durch einen vorgeschalteten Schirm möglichst homogen zu machen.

XI.

Ebenso, wie die Indices verschiedener Stoffe für eine Strahlen-
:ät, ist nun weiter der Index eines Stoffes für die verschiedenen
›n der Strahlen zu untersuchen. Ich selbst habe dazu keine
gefunden, hoffe aber, dass ein anderer diese Aufgabe übernehme.
äre praktisch recht wichtig, über die Beziehung des Index zur
› wenigstens eine empirische Formel zu haben.
3ei dieser Gelegenheit könnte auch die Zuverlässigkeit der
lel geschalteten Funkenstrecke, der Härteskalen und der durch-
teten Hand einer Untersuchung unterzogen werden.

XII.

\us der Gleichung

$$t = \frac{i \cdot r^2}{J_0} e^{\alpha \delta}$$

hervor, dass die Expositionszeit t direkt proportional ist der
sität der aus dem Medium austretenden Strahlen, dem Quadrate
'okalabstandes und der Potenz $e^{\alpha \delta}$, umgekehrt proportional der
lenintensität im Abstand 1 vom Focus. Einer Besprechung be-
nur die Abhängigkeit der Zeit t vom Index α und von der
› δ.
Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass zwischen α und δ einer-
und t andrerseits eine Proportionalität nicht bestehen wird.
der Formel wächst vielmehr t im Sinne einer geometrischen
ession, wenn α oder δ in einer arithmetischen Progression zu-
t. Bestätigt das Experiment dieses Gesetz, so darf auch die
lgleichung mit grosser Wahrscheinlichkeit als richtig angesehen
›n. Für zunehmendes α habe ich keine Bestimmungen gemacht,
/achsendes δ bei Glas ($\alpha_8 = 0,213$) ergab Rechnung und Ex-
ent folgende Werte:[1])

δ	t nach Formel		t gefunden
1 .1,625 mm	$15\,(e^{0.364})^1$	21,21 sec	20 sec
2 .1,625 „	$15\,(e^{0.364})^2$	30, „	30 „
3 .1,625 „	$15\,(e^{0.364})^3$	42,42 „	42 „
4 .1,625 „	$15\,(e^{0.346})^4$	60, „	60 „
5 .1,625 „	$15\,(e^{0.346})^5$	84,84 „	85 „
6 .1,625 „	$15\,(e^{0.346})^6$	120, „	120 „
7 .1,625 „	$15\,(e^{0.346})^7$	169,65 „	170 „

)ie Übereinstimmung darf als eine ideale bezeichnet werden, nur
ıge δ kleiner als 2 mm, fällt t kleiner aus, als die Formel ver-

[1]) Es ist ganz zufällig $e^{-0,213 \cdot 1,625} = e^{-0,346}$ fast genau $= 2^{\frac{1}{2}}$.

langt. Diese kleine Abweichung wird weichern Strahlen zuzuschreiben sein, welche von so dünnen Schichten noch merklich durchgelassen werden.

Nebenbei bemerkt, ist die obige Versuchsreihe für den Praktiker sehr instruktiv. Eine Glasplatte von 1,625 mm Dicke macht, als zweite aufgelegt, eine Expositionsverlängerung von 10 Sekunden, als dritte aufgelegt, eine solche von 12 Sekunden. Weiter steigert sich die Expositionszeit um 18, 25, 35, 50 Sekunden, wenn die gleiche Glasplatte zu drei, vier, fünf, sechs hinzugefügt wird. Je dicker also das Objekt bereits ist, einen um so grössern, verzögernden Einfluss übt die gleiche Dickenvermehrung aus. Der Radiograph hat deshalb viel eher Veranlassung, über die Tiefe dicker Körperteile sich zu vergewissern als über diejenige dünner.

XIII.

Die photographische Platte kann auch dazu dienen, die Strahlungsintensitäten bei verschiedenen Belastungen einer Röhre miteinander zu vergleichen. Für gleiche Schwärzung und im übrigen gleiche Verhältnisse ist

$$J_{,} t_{,} = J_{,,} t_{,,} ,$$

d. h. die Intensitäten verhalten sich umgekehrt wie die Expositionszeiten. v. Röntgen sagt, die Intensität der Röntgenstrahlung sei proportional der Stärke des primären Stromes; für die in praxi verwendeten Stromstärken und für den Quecksilberunterbrecher kann ich das bestätigen. Die Spannung im primären Stromkreis scheint beim Quecksilberunterbrecher ohne Einfluss zu sein.

Für die zahlreichen Bestimmungen der Intensität oder Strahlenquantität, wie sie in der Radiotherapie nötig sind, eignet sich diese Methode gleicher Schwärzungen einer Doppelaufnahme gar nicht. Jede Bestimmung braucht eine Reihe solcher Doppelaufnahmen, die dann noch zu entwickeln und fixieren sind.

XIV.

Da hier die photographische Schicht als Reagens benützt worden ist, so kann es interessieren, zu wissen, wie gross die Strahlenmenge ist, die bei einer Plattensorte, oder auch bei einer bestimmten Strahlenqualität eben noch keine Schwärzung hervorzubringen vermag. Wird ein keilförmiger Körper auf eine photographische Platte gelegt und durchstrahlt, so müsste sich ein Feld ergeben, das an der Keilschneide am dunkelsten wäre und von hier nach der dicken Partie hin an Helligkeit zunähme, ohne dass aber die vollständige Klarheit

einer nicht exponierten Platte erreicht würde. Das ergibt sich aus der Gleichung

$$i\,t = J_0\,t \cdot r^{-2} \cdot e^{-\alpha\delta},$$

in welcher ja $e^{-\alpha\delta}$ niemals gleich Null werden kann.

Die Probe zeigt aber, dass bei nicht zu langer Exposition das Feld in einem gewissen Abstand von der Keilschneide völlig klar bleibt. Daraus muss geschlossen werden, dass eine Strahlenmenge, die unter einem bestimmten Betrag bleibt, nicht imstande ist, eine Schwärzung zu erzeugen. Nennt man diesen Strahlungsbetrag, der nach Plattensorte und Strahlenhärte variiert, L, so ist

$$L = J_0\,t \cdot r^{-2}\,e^{-\alpha\delta},$$

worin δ die Dicke des Keils über dem Beginn der Schwärzung bedeutet: α ist entweder bekannt oder wird durch Verwendung stets des gleichen Keils eliminierbar gemacht. Wenn J_0 durch eine Masszahl ausgedrückt werden kann, wird L ebenfalls eine Masszahl sein. Sonst aber kann nur die Latenz einer Platte mit derjenigen einer andern verglichen werden.

Man erkennt sofort, dass L gross ausfällt, wenn J_0 oder t gross oder wenn α oder δ klein sind. Kleines δ aber bedeutet ein Zusammendrängen der dunkelsten und hellsten Feldpartien, eine steile Graduation. Kleines α entspricht einem durchlässigen Medium oder harten Strahlen. Die praktische Konsequenz ist, dass mit Platten hoher Latenz kontrastreiche Bilder auch von Gebilden aus stark durchlässigen Stoffen und unter Verwendung harter Strahlen zu erzielen sind.

Über die mehrfachen Sekanten algebraischer Raumkurven.

Von

A. Beck.

I. Die vorliegende Untersuchung bezieht sich auf die folgenden drei Aufgaben der abzählenden Geometrie: Es soll bestimmt werden 1. die Ordnungszahl der Regelfläche der dreifachen Sekanten einer Raumkurve, 2. die Anzahl der vierfachen Sekanten einer Raumkurve, 3. die Anzahl der gemeinschaftlichen Doppelsekanten zweier Raumkurven.[1]) Diese Aufgaben sollen nach einer Methode behandelt werden, die meines Wissens bis jetzt nicht auf dieselben angewandt worden ist. Sie kann bezeichnet werden als die Methode der infinitesimalen zentrischen Kollineation.

Eine zentrische Kollineation zweier Räume ist bestimmt durch das Kollineationszentrum, die Kollineationsebene und ein Paar entsprechender Punkte auf einem Strahl durch das Zentrum. Rücken diese beiden entsprechenden Punkte unendlich nahe zusammen, so wird die Kollineation infinitesimal. Als spezieller Fall ist die infinitesimale Parallelverschiebung hervorzuheben; bei ihr liegen die Kollineationsebene und das Zentrum im Unendlichen. So lange im Folgenden das Zentrum ganz beliebig ist, können wir uns die Transformation als eine Verschiebung vorstellen. Gehen wir von einer Raumkurve $\mathfrak{C}$ zu ihrer entsprechenden $\mathfrak{C}'$ in einer infinitesimalen Kollineation mit dem Zentrum O über, so werden wir sagen, dass die Kurve nach O hin infinitesimal transformiert worden sei. Die Kollineationsebene ist dabei immer willkürlich. $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ liegen auf demselben Kegel und schneiden sich in Punkten der Kollineationsebene; andere gemeinschaftliche Punkte haben sie im allgemeinen nicht.

---

[1]) Man vergleiche über den Gegenstand: Cayley, Philos. Transactions Bd. 153 (1863) oder Papers, Bd. 5; Salmon-Fiedler, anal. Geometrie des Raumes; Zeuthen, Annali di Mat. (2) Bd. 3; Picquet, Comptes rendus Bd. 77; Bull. de la soc. math. Bd. 1; Schubert, Kalkül der abzählenden Geometrie, 1879; Geiser in memoriam Chelini, 1881; Berzolari, Palermo Rend. Bd. 9 (1895).

Die zu betrachtenden algebraischen Raumkurven sollen keine besonderen Singularitäten haben, keine stationären Punkte und keine wirklichen Doppelpunkte. Wir haben es also nur mit den folgenden fünf Singularitäten zu tun: Ordnungszahl m, Rang r (Klasse des projizierenden Kegels), Anzahl h der scheinbaren Doppelpunkte, Klasse n (Anzahl der Inflexionstangentialebenen des proj. Kegels), Anzahl y der Doppeltangentialebenen des proj. Kegels. Der Charakter der Kurve ist dann durch zwei dieser Singularitäten bestimmt; wir wählen dazu die Zahlen m und r. Die andern Zahlen werden durch sie ausgedrückt nach den Cayley-Plückerschen Formeln:

(1) $$r = m\,(m-1) - 2\,h$$

(2) $$m = r\,(r-1) - 2\,y - 3\,n$$

(3) $$n = 3\,(r-m).$$

Mit Benützung von 3. kann 2. ersetzt werden durch:

(2a) $$2\,y = 8\,m - 10\,r + r^2.$$

Übrigens werden sich diese Formeln im Folgenden nebenbei ergeben.[1])

Wir benützen zur Bezeichnung von Regelflächen und gleichzeitig ihrer Ordnungszahl den Buchstaben R mit beigefügten Symbolen, ebenso zur Bezeichnung bestimmter Geraden und gleichzeitig ihrer Anzahl den Buchstaben G mit Symbolen. — Indem wir mit der einfachsten Aufgabe über Doppelsekanten beginnen, schreiten wir systematisch weiter zu den komplizierteren Aufgaben.

II. Anzahl $G\,(P, \mathfrak{C}^2)$ oder h der Doppelsekanten einer Raumkurve, welche durch einen beliebigen Punkt P gehen. Wir transformieren $\mathfrak{C}$ infinitesimal nach einem beliebigen Punkt O hin. Dann werden wir die gesuchten Doppelsekanten erhalten, indem wir die Geraden durch P betrachten, welche $\mathfrak{C}$ und die transformierte Kurve $\mathfrak{C}'$ je einmal schneiden. Aber es kommen nur diejenigen dieser gemeinschaftlichen Sekanten in Betracht, für welche der Punkt auf $\mathfrak{C}$ von dem Punkt auf $\mathfrak{C}'$ einen endlichen Abstand hat. Je zwei solche Gerade sind zu einer der gesuchten Doppelsekanten von $\mathfrak{C}$ unendlich benachbart, weil die beiden Schnittpunkte einer solchen Doppelsekante mit $\mathfrak{C}$ auf zwei Arten auf die beiden Kurven $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{C}'$ verteilt werden können.

Durch jede der gesuchten Doppelsekanten gehen zwei Mäntel des Kegels $P\mathfrak{C}$ und der eine Schnittpunkt der Doppelsekante mit $\mathfrak{C}$ ist unendlich benachbart zu einem Schnittpunkt von $\mathfrak{C}'$ mit dem

[1]) Vergl. meine Aufsätze in Math. Annalen Bd. 14 und Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft in Zürich. Bd. 38 und 51.

einen Mantel, der andere zu einem Schnittpunkt von $\mathfrak{C}'$ mit dem andern Mantel. Von den m^2 Schnittpunkten der Kurve $\mathfrak{C}'$ mit dem Kegel $P\mathfrak{C}$ sind also die folgenden zwei Arten abzurechnen, da sie gemeinschaftliche Sekanten liefern, für welche die beiden Punkte auf $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ nicht getrennt sind:

1. Die m auf der Kollineationsebene liegenden Schnittpunkte von $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$, einfach zu rechnen, weil $\mathfrak{C}'$ in diesen Punkten den Kegel $P\mathfrak{C}$ nicht berührt.

2. Diejenigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden des Kegels $P\mathfrak{C}$ unendlich benachbart sind zu dem Punkt von $\mathfrak{C}$, durch welchen die Erzeugende geht. Diese Erzeugenden sind also, da $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ auf dem Kegel $O\mathfrak{C}$ liegen, Tangenten dieses Kegels $O\mathfrak{C}$. Die Anzahl der Geraden durch P, welche den Kegel $O\mathfrak{C}$ in einem Punkt von $\mathfrak{C}$ berühren, ist aber offenbar $= r$. Somit haben wir:

$$(4) \qquad 2\,G\,(P, \mathfrak{C}^2) = 2\,h = m\,(m-1) - r,$$

wodurch die Formel (1) bestätigt ist.

Hätte $\mathfrak{C}$ noch einen wirklichen Doppelpunkt, so wären von den Schnittpunkten von $\mathfrak{C}'$ mit dem Kegel $P\mathfrak{C}$ noch zwei weitere unendlich benachbarte Punkte abzurechnen, und wenn der Doppelpunkt zur Spitze würde, indem die Schleife sich bis zum Verschwinden verkleinerte, so würde noch ein dritter Punkt zu jenen beiden unendlich benachbart werden und abzurechnen sein. Man würde also, wenn die Kurve β stationäre Punkte, aber keine wirklichen Doppelpunkte hätte, die Formel erhalten:

$$(5) \qquad 2\,h = m\,(m-1) - r - 3\,\beta,$$

und aus dieser würde sich durch dualistische Übersetzung die Formel (2) ergeben.

Es ist noch zu untersuchen, wie sich die Anzahl $G\,(P, \mathfrak{C}^2)$ modifiziert, wenn P auf $\mathfrak{C}$ liegt. Wie viele Gerade h^* gehen durch einen Punkt von $\mathfrak{C}$, welche $\mathfrak{C}$ ausserdem noch zweimal schneiden? — Die Modifikation der obigen Ableitung durch infinitesimale Transformation von $\mathfrak{C}$ nach einem beliebigen Punkt O hin ergibt folgendes: der Kegel $P\mathfrak{C}$ ist jetzt von der Ordnung $m-1$ und wird also von $\mathfrak{C}'$ in $m\,(m-1)$ Punkten geschnitten. Von diesen sind aber die folgenden abzurechnen:

1. Die m Schnittpunkte von $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ auf der Kollineationsebene.

2. Diejenigen Schnittpunkte, welche zu P unendlich benachbart sind. Sei C' ein solcher Schnittpunkt von $\mathfrak{C}'$ mit dem Kegel $P\mathfrak{C}$, dann liegt C' auf einer Erzeugenden des Kegels $P\mathfrak{C}$, die nach irgend einem Punkt A von $\mathfrak{C}$ geht. Da P und C' auf dem Kegel $O\mathfrak{C}$ liegen, so ist die Gerade PA eine Tangente des Kegels $O\mathfrak{C}$ im Punkte P und

liegt also auf der Tangentialebene dieses Kegels längs OP. Es gibt also so viele Punkte A, als es Schnittpunkte dieser Tangentialebene mit $\mathfrak{C}$ gibt, die von P verschieden sind. Die abzuziehende Zahl ist also $= m - 2$.

3. Diejenigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden des Kegels $P\mathfrak{C}$ unendlich benachbart sind zu dem Punkt auf $\mathfrak{C}$, durch welchen die Erzeugende ausser dem Punkt P geht. Da $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ auf dem Kegel $O\mathfrak{C}$ liegen, so ist jene Erzeugende eine Tangente dieses Kegels, deren Berührungspunkt nicht in P liegt. Die Anzahl solcher Tangenten ist offenbar $= r - 2$. Wir haben also:

$$\begin{aligned} 2h^* &= m(m-1) - m - (m-2) - (r-2) \\ &= (m-1)(m-2) - r + 2. \end{aligned} \tag{4a}$$

Natürlich hätte sich diese Formel aus (4) ableiten lassen, indem man m und r durch $m - 1$ und $r - 2$ ersetzte.

III. Ordnungszahl $R(g, \mathfrak{C}_k)$ der Regelfläche, deren Erzeugende eine Gerade g und eine Kurve $\mathfrak{C}$ schneiden und in dem letztern Punkt einen projizierenden Kegel von $\mathfrak{C}$ berühren. Eine beliebige Ebene durch g enthält offenbar m Erzeugende der Regelfläche und die Gerade g selbst ist auf der Fläche von der Vielfachheit r, weil durch einen beliebigen Punkt von g r Erzeugende der Regelfläche gelegt werden können. Also ist:

$$R(g, \mathfrak{C}_k) = m + r. \tag{6}$$

Weil alle Erzeugenden der Regelfläche den Kegel in Punkten von $\mathfrak{C}$ berühren, so berühren sich die beiden Flächen längs der Kurve $\mathfrak{C}$. Der Kegel und die Regelfläche haben gemeinschaftliche Erzeugende, nämlich diejenigen Erzeugenden des Kegels, welche durch die m Schnittpunkte von g mit dem Kegel gehen, und zwar berühren sich die beiden Flächen längs jeder dieser Erzeugenden. Dies erkennt man, indem man einen Punkt G die Gerade g durchlaufen lässt. Von den r Erzeugenden der Regelfläche, die durch jeden Punkt G gehen, werden zwei unendlich benachbart, wenn G unendlich nahe an die Kegelfläche rückt. Die Ebene dieser beiden Erzeugenden ist Tangentialebene der Regelfläche in jedem Punkt der Erzeugenden und gleichzeitig Tangentialebene des Kegels. Wenn auf dem Kegel irgend eine Kurve liegt, so berührt dieselbe also die Regelfläche in allen den Punkten, in denen sie die Kurve $\mathfrak{C}$ oder eine jener m Erzeugenden schneidet, die dem Kegel und der Regelfläche gemeinsam sind.

IV. Ordnungszahl $R(g, \mathfrak{C}^2)$ der Regelfläche, deren Erzeugende eine Gerade g treffen und eine Raumkurve zweimal schneiden. In jeder Ebene durch g liegen $\frac{1}{2} m(m-1)$ Erzeugende

und g ist auf der Fläche von der Vielfachheit h, weil durch jeden Punkt von g h Doppelsekanten von $\mathfrak{C}$ gehen. Also haben wir:

$$R(g, \mathfrak{C}^2) = \tfrac{1}{2} m (m-1) + h. \tag{7}$$

Wir können aber eine zweite Bestimmung dieser Ordnungszahl erhalten, indem wir $\mathfrak{C}$ infinitesimal transformieren nach einem beliebigen Punkt O hin. Die Regelfläche mit den drei Leitlinien g, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{C}'$ hat die Ordnungszahl

$$R(g, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}') = 2m^2 - m.$$

Indem die Kollineation infinitesimal wird, löst sich aber von dieser Regelfläche ein Teil ab, dessen Erzeugende $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ in zwei unendlich benachbarten Punkten treffen. Der übrig bleibende Teil ist die gesuchte Regelfläche $R(g, \mathfrak{C}^2)$ und zwar zweimal, weil jede Erzeugende von $R(g, \mathfrak{C}^2)$ zu zwei Erzeugenden von $R(g, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}')$ unendlich benachbart ist. — Der abgelöste Teil von $R(g, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}')$ ist die in III. betrachtete Regelfläche $R(g, \mathfrak{C}_k)$, einfach gerechnet. Wir erhalten also:

$$2R(g, \mathfrak{C}^2) = 2m^2 - m - (m + r),$$

$$R(g, \mathfrak{C}^2) = m(m-1) - \tfrac{1}{2} r. \tag{8}$$

Durch Vergleichung von (7) und (8) ergibt sich noch einmal die Formel (1). — Auf der Fläche $R(g, \mathfrak{C}^2)$ ist $\mathfrak{C}$ von der Vielfachheit $m-1$.

V. Ordnungszahl $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$ der Regelfläche, deren Erzeugende die Kurve $\mathfrak{C}$ zweimal treffen und in einem der beiden Punkte einen projizierenden Kegel von $\mathfrak{C}$ berühren. Wir gehen aus von der Regelfläche $R(g, \mathfrak{C}_k)$ [III.] und suchen die Erzeugenden derselben, welche $\mathfrak{C}$ zweimal schneiden. Dazu machen wir eine infinitesimale Transformation von $\mathfrak{C}$ nach dem Punkt P hin, der die Spitze jenes projizierenden Kegels ist. $\mathfrak{C}'$ schneidet die Regelfläche in $m(m+r)$ Punkten. Von diesen kommen aber nur diejenigen in Betracht, welche auf der betreffenden Erzeugenden der Regelfläche endlich getrennt sind von dem Punkt von $\mathfrak{C}$, in welchem die Erzeugende den Kegel berührt. Von den Schnittpunkten von $\mathfrak{C}'$ mit der Regelfläche sind also nach III. abzurechnen:

1. Die m Schnittpunkte von $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ auf der Kollineationsebene und zwar jeder doppelt, weil $\mathfrak{C}'$ die Regelfläche in diesen Punkten berührt (III.).

2. Die m Schnittpunkte von $\mathfrak{C}'$ mit den m Erzeugenden, die dem Kegel und der Regelfläche gemeinsam sind, und zwar jeder doppelt aus demselben Grunde.

3. Die übrigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden unendlich benachbart sind zu dem Punkt auf $\mathfrak{C}$, in welchem

die Erzeugende den Kegel berührt. Diese Erzeugenden liegen offenbar in den n Inflexionstangentialebenen des Kegels, eine in jeder Ebene.

Auf diese Weise erhalten wir die Anzahl $G(g, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$, welche identisch ist mit $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$. Es wird:

$$R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k) = m(m + r - 4) - n. \tag{9}$$

Nun kann man aber diese Ordnungszahl noch auf anderem, kürzerem Wege bestimmen, nämlich dadurch, dass man durch den Scheitel P des Kegels eine beliebige Gerade p legt und abzählt, wie viele Erzeugende der gesuchten Regelfläche diese Gerade schneiden. Zunächst gehen durch die Gerade r Tangentialebenen an den Kegel und jede derselben enthält $m - 2$ Erzeugende der Regelfläche. Ausserdem aber gehen durch den Kegelscheitel P selbst Erzeugende der Regelfläche von besonderer Art, nämlich die h Doppelsekanten von $\mathfrak{C}$, und zwar ist jede zweimal zu rechnen, denn jede ist auf zwei Arten als eine Gerade zu betrachten, welche p trifft, $\mathfrak{C}$ zweimal schneidet und in der Kegeltangentialebene des einen Schnittpunktes liegt. Man hat also:

$$R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k) = r(m - 2) + 2\,h,$$

oder, wenn man für h seinen Wert aus (4) einsetzt:

$$R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k) = m(m - 1) + r(m - 3). \tag{10}$$

Durch Vergleichung von (9) und (10) erhält man:

$$n = 3(r - m),$$

wodurch Formel (3) bewiesen ist.

In bezug auf die Regelfläche $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$ sind noch die folgenden Bemerkungen zu machen: Durch jeden Punkt C von $\mathfrak{C}$ gehen zweierlei Erzeugende: a) solche, welche in C den Kegel berühren, b) solche, welche ihn nicht in C, sondern in dem andern Schnittpunkt mit $\mathfrak{C}$ berühren. Die Anzahl der Erzeugenden a) ist offenbar $= m - 2$, diejenige der Erzeugenden b) $= r - 2$. Die Erzeugenden a) liegen alle in derselben Ebene, nämlich in der Tangentialebene des Kegels. Lassen wir den Punkt C die ganze Kurve $\mathfrak{C}$ durchlaufen, so sehen wir, dass $m - 2$ Mäntel der Regelfläche den Kegel längs $\mathfrak{C}$ berühren, während andere $r - 2$ Mäntel ihn längs $\mathfrak{C}$ schneiden. Ferner ist schon bemerkt worden, dass die Doppelerzeugenden des Kegels auch Doppelerzeugende der Regelfläche sind. Für jede solche Doppelerzeugende sind die beiden Tangentialebenen des Kegels auch Tangentialebenen der Regelfläche längs der ganzen Erzeugenden. Man erkennt dies wieder, wenn man einen Punkt C die Kurve $\mathfrak{C}$ durchlaufen lässt und die $r - 2$ Erzeugenden der Regelfläche betrachtet, welche durch ihn gehen und den Kegel anderswo berühren. Rückt C unendlich nahe an eine Doppelerzeugende des Kegels, so werden von den $r - 2$ Er-

zeugenden zwei unendlich benachbart, wobei ihre Ebene mit einer der beiden Tangentialebenen des Kegels zusammenfällt. — Wenn also auf dem Kegel eine Kurve liegt, so berührt sie die $m-2$ Mäntel der Regelfläche, welche den Kegel längs $\mathfrak{C}$ berühren, in jedem Schnittpunkt mit $\mathfrak{C}$ und ausserdem berührt sie einen Mantel der Regelfläche, wenn sie durch eine Doppelerzeugende des Kegels hindurchgeht.

VI. Ordnungszahl $R(\mathfrak{C}^3)$ der Regelfläche der dreifachen Sekanten einer Raumkurve. Wir gehen aus von der Regelfläche $R(g, \mathfrak{C}^2)$ [IV.] und transformieren $\mathfrak{C}$ infinitesimal nach einem beliebigen Punkt O hin. Jede dreifache Sekante von $\mathfrak{C}$ ist in dreifacher Weise als eine Gerade aufzufassen, welche $\mathfrak{C}$ zweimal und $\mathfrak{C}'$ einmal schneidet. Diejenigen Erzeugenden von $R(g, \mathfrak{C}^2)$, welche dreifache Sekanten von $\mathfrak{C}$ sind, ergeben sich also aus den Schnittpunkten von $\mathfrak{C}'$ mit der Regelfläche. Aber von diesen Schnittpunkten sind abzurechnen:

1. Die m Schnittpunkte von $\mathfrak{C}'$ mit $\mathfrak{C}$, von denen nach IV. jeder $m-1$ mal zu zählen ist.

2. Diejenigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden unendlich benachbart sind zu einem der beiden Punkte von $\mathfrak{C}$ auf ihr. Die Anzahl dieser Schnittpunkte ist offenbar die in (10) bestimmte Ordnungszahl $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$.

Wir erhalten also, da $G(g, \mathfrak{C}^3) = R(\mathfrak{C}^3)$ ist:

$$3\,R(\mathfrak{C}^3) = m\left[m(m-1) - \tfrac{1}{2} r\right] - m(m-1) - m(m-1) - r(m-3),$$

$$R(\mathfrak{C}^3) = \tfrac{1}{3} m (m-1)(m-2) - \tfrac{1}{2} r (m-2). \tag{11}$$

Auf $R(\mathfrak{C}^3)$ ist $\mathfrak{C}$ von der Vielfachheit $\frac{1}{2}(m-1)(m-2) - \frac{1}{2} r + 1$. Dies ist nämlich die in (4a) bestimmte Anzahl h^* der dreifachen Sekanten, welche durch einen beliebigen Punkt von $\mathfrak{C}$ gehen.

VII. Zur Bestimmung von $R(\mathfrak{C}^3)$ kann man auch auf folgende Weise verfahren:

Wenn drei Raumkurven $\mathfrak{C}, \mathfrak{C}', \mathfrak{C}''$, die sich paarweise in p, p', p'' Punkten schneiden, die Leitkurven einer Regelfläche sind, so ist die Ordnungszahl der letzteren bekanntlich:

$$R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}', \mathfrak{C}'') = 2\,m\,m'\,m'' - p\,m - p'\,m' - p''\,m''.$$

Wir nehmen nun an, $\mathfrak{C}'$ und $\mathfrak{C}''$ seien die entsprechenden Kurven zu $\mathfrak{C}$ in zwei zentrischen Kollineationen, die dasselbe Zentrum O haben, im übrigen aber ganz beliebig sind. Wie modifiziert sich dann die Ordnung der Regelfläche? $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ schneiden sich in m Punkten auf der ersten Kollineationsebene, $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}''$ in m Punkten auf der zweiten. Bekanntlich besteht aber zwischen dem zweiten und dritten System ebenfalls eine zentrische Kollineation mit dem Zentrum O, deren

Kollineationsebene durch die Schnittlinie der beiden gegebenen Kollineationsebenen geht. Folglich schneiden sich auch $\mathfrak{C}'$ und $\mathfrak{C}''$ in m Punkten.

Ferner liegen alle drei Kurven auf demselben Kegel mit dem Scheitel O; dieser Kegel ist also ein Teil der Regelfläche, den wir abrechnen wollen. Er ist hierbei aber doppelt zu zählen. Denn wenn wir die Erzeugenden der Regelfläche konstruieren wollen, welche durch einen Punkt C von $\mathfrak{C}$ gehen, so haben wir die beiden Kegel $C\mathfrak{C}'$ und $C\mathfrak{C}''$ zu bilden, und da diese sich längs der Erzeugenden CO berühren, so zählt diese im Schnitt beider Kegel für zwei. Wir erhalten also für die reduzierte Ordnungszahl:

$$R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}', \mathfrak{C}'') = 2m^3 - 3m^2 - 2m. \tag{12}$$

Nun können wir zu den dreifachen Sekanten von $\mathfrak{C}$ gelangen, wenn wir die beiden angenommenen Kollineationen infinitesimal werden lassen. Jede dreifache Sekante wird dann durch sechs ihr unendlich benachbarte Erzeugende von $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}', \mathfrak{C}'')$ repräsentiert, auf welchen die drei Punkte von $\mathfrak{C}, \mathfrak{C}'\ \mathfrak{C}''$ endliche Abstände voneinander haben. Da aber auch Erzeugende vorkommen, für welche diese Abstände nicht alle drei endlich sind, so lösen sich von der vorigen Fläche Teile ab, welche abzurechnen sind, und zwar die folgenden zwei:

1. Von den drei Punkten auf $\mathfrak{C}, \mathfrak{C}'\ \mathfrak{C}''$ fallen zwei unendlich nahe zusammen. Diese Erzeugenden sind als zweifache Sekanten von $\mathfrak{C}$ zu betrachten, welche in dem einen der beiden Punkte den Kegel $O\mathfrak{C}$ berühren, und zwar ist jede solche Erzeugende dreifach zu rechnen, weil der Berührungspunkt zu $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ oder zu $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}''$ oder zu $\mathfrak{C}'$ und $\mathfrak{C}''$ gerechnet werden kann. Die von diesen Erzeugenden gebildete Fläche ist die Fläche $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$ von V., dreifach gerechnet (10).

2. Alle drei Punkte fallen unendlich nahe zusammen. Die Erzeugende liegt dann in einer Inflexionstangentialebene des Kegels. Es lösen sich also ab die Strahlbüschel, die in den $n = 3(r - m)$ Inflexionstangentialebenen liegen und deren Scheitel Punkte von $\mathfrak{C}$ sind. Wir erhalten somit:

$$6R(\mathfrak{C}^3) = 2m^3 - 3m^2 - 2m - 3m(m-1) - 3r(m-3) - 3(r-m).$$

Hieraus folgt für $R(\mathfrak{C}^3)$ derselbe Wert wie in VI. (11).

VIII. Anzahl $G(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$ der Geraden, welche die Kurve $\mathfrak{C}$ dreimal treffen und in einem der drei Punkte einen durch $\mathfrak{C}$ gelegten Kegel berühren. Wir gehen aus von der Fläche $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$ (V.) und transformieren $\mathfrak{C}$ infinitesimal nach dem Scheitel P des Kegels hin. Jede der gesuchten Geraden kann auf doppelte Weise als eine solche Erzeugende der Regelfläche betrachtet werden, welche durch einen Schnittpunkt von $\mathfrak{C}'$ mit der Regelfläche geht, weil die beiden

Punkte, in denen jene Gerade $\mathfrak{C}$ schneidet, aber den Kegel nicht berührt, auf zwei Arten auf $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ verteilt werden können. — Von den Schnittpunkten von $\mathfrak{C}'$ mit $R(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$ sind aber die folgenden abzurechnen, welche nicht der Aufgabe genügen:

1. Die m Schnittpunkte von $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{C}'$ auf der Kollineationsebene, deren jeder nach V. die Vielfachheit $2(m-2)+r-2$ hat.

2. Die Schnittpunkte, welche auf den gemeinschaftlichen Doppelerzeugenden des Kegels und der Regelfläche liegen. $\mathfrak{C}'$ schneidet jede dieser Doppelerzeugenden in zwei getrennten Punkten, deren jeder dreifach zu rechnen ist, weil $\mathfrak{C}'$ in dem einen dieser Punkte den einen, in dem andern den andern der beiden Mäntel der Regelfläche berührt, welche durch diese Doppelerzeugenden gehen (V.). Die abzuziehende Zahl beträgt also $6h$ oder $3m(m-1)-3r$ (1.).

3. Diejenigen übrigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden der Regelfläche unendlich benachbart sind zu dem Punkte, in welchem die Erzeugende den Kegel berührt. Dies führt offenbar auf die n Inflexionstangentialebenen des Kegels, welche Schmiegungsebenen von $\mathfrak{C}$ sind. In jeder derselben liegen $m-3$ Erzeugenden der fraglichen Art. Die abzuziehende Zahl beträgt also $(m-3)n$ oder $3(m-3)(r-m)$.

4. Diejenigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden der Regelfläche unendlich benachbart sind zu dem Punkt, in welchem die Erzeugende die Kurve $\mathfrak{C}$ schneidet, ohne den Kegel zu berühren. Dies führt auf die y Doppeltangentialebenen des Kegels. In jeder derselben liegt eine Erzeugende, welche doppelt zu rechnen ist, da der eine oder der andere der beiden Berührungspunkte zu $\mathfrak{C}'$ gerechnet werden kann. Die abzuziehende Zahl beträgt also $2y$ oder $8m-10r+r^2$. (2a.)

Auf Grund dieser Abzählung ergibt sich das Resultat:

$$2G(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k) = m^2(m-1) + mr(m-3) - 2m(m-2) - m(r-2) \\ -3m(m-1)+3r-3(m-3)(r-m)-8m+10r-r^2.$$

$$(13)\quad G(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k) = \tfrac{1}{2}m(m^2-3m-8) + \tfrac{1}{2}r(m^2-7m+22-r).$$

IX. Anzahl $G(\mathfrak{C}^4)$ der vierfachen Sekanten einer Raumkurve. Wir gehen aus von der Fläche $R(\mathfrak{C}^3)$ (VI.) und transformieren $\mathfrak{C}$ infinitesimal nach einem beliebigen Zentrum hin. Dann sind die gesuchten vierfachen Sekanten unter denjenigen Erzeugenden enthalten, welche $\mathfrak{C}'$ schneiden und zwar erscheint jede vierfache Sekante viermal, da jeder ihrer vier Punkte auf $\mathfrak{C}$ zu $\mathfrak{C}'$ gerechnet werden kann. Von den Schnittpunkten von $\mathfrak{C}'$ mit $R(\mathfrak{C}^3)$ sind die folgenden abzurechnen:

1. Die m Schnittpunkte von $\mathfrak{C}'$ und $\mathfrak{C}$ und zwar jeder mit der Vielfachheit $\frac{1}{2}(m-1)(m-2)-\frac{1}{2}r+1$ (VI.).

2. Diejenigen Schnittpunkte, welche auf der betreffenden Erzeugenden unendlich benachbart sind zu einem der drei Punkte auf $\mathfrak{C}$. Die Anzahl dieser Punkte ist aber die in VIII. gefundene Anzahl $G(\mathfrak{C}, \mathfrak{C}, \mathfrak{C}_k)$. Somit haben wir das Resultat:

$$4\,G(\mathfrak{C}^4)=\frac{1}{3}m^2(m-1)(m-2)-\frac{1}{2}mr(m-2)-\frac{1}{2}m(m-1)(m-2)$$
$$+\frac{1}{2}mr-m-\frac{1}{2}m(m^2-3m-8)-\frac{1}{2}r(m^2-7m+22-r),$$

$$(14)\quad G(\mathfrak{C}^4)=\frac{1}{12}m(m-1)(m-2)(m-3)+m-\frac{1}{4}r(m^2-5m+11)+\frac{1}{8}r^2.$$

X. **Anzahl $G(\mathfrak{C}_1^2, \mathfrak{C}_{2,k})$ der Geraden, welche eine Kurve $\mathfrak{C}_1$ zweimal und eine Kurve $\mathfrak{C}_2$ einmal schneiden und im letztern Punkt einen durch $\mathfrak{C}_2$ gelegten Kegel berühren.** Wir gehen aus von der Fläche $R(g, \mathfrak{C}_k)$ von III., für welche gefunden wurde:

$$R(g, \mathfrak{C}_k)=m+r.$$

Bezeichnen wir jetzt die Kurve mit $\mathfrak{C}_2$ und ersetzen wir g durch eine Kurve $\mathfrak{C}_1$, so ist offenbar

$$R(\mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_{2,k})=m_1\cdot R(g, \mathfrak{C}_{2,k})=m_1(m_2+r_2).$$

Auf dieser neuen Regelfläche ist $\mathfrak{C}_1$ von der Vielfachheit r_2, $\mathfrak{C}_2$ von der Vielfachheit m_1, wobei die m_1 Erzeugenden, welche durch einen Punkt von $\mathfrak{C}_2$ gehen, alle in der zu diesem Punkt gehörenden Tangentialebene des Kegels liegen. Letzterer wird also längs $\mathfrak{C}_2$ von m_1 Mänteln der Regelfläche berührt.

Ferner hat die Regelfläche mit dem Kegel diejenigen $m_1 m_2$ Erzeugenden des letztern gemein, welche durch die Schnittpunkte von $\mathfrak{C}_1$ mit dem Kegel gehen, und zwar findet längs dieser Erzeugenden Berührung zwischen beiden Flächen statt. Letzteres erkennt man auf dieselbe Weise wie in III., indem man einen Punkt, der $\mathfrak{C}_1$ durchläuft, unendlich nahe an die Kegelfläche rücken lässt.

Nun transformieren wir $\mathfrak{C}_1$ infinitesimal, indem wir das Kollineationszentrum im Scheitel P des Kegels über $\mathfrak{C}_2$ wählen, und betrachten die Erzeugenden der Regelfläche, welche die transformierte Kurve $\mathfrak{C}_1'$ schneiden. Unter diesen Erzeugenden erscheint zweimal jede Gerade, welche $\mathfrak{C}_1$ zweimal und $\mathfrak{C}_2$ einmal schneidet und im letztern Punkt den Kegel berührt; denn man kann den einen oder andern der beiden Schnittpunkte auf $\mathfrak{C}_1$ als Punkt von $\mathfrak{C}_1'$ betrachten. Von den $m_1^2(m_2+r_2)$ Schnittpunkten von $\mathfrak{C}_1'$ mit der Regelfläche sind abzurechnen:

1. Die m_1 Schnittpunkte von $\mathfrak{C}_1$ und $\mathfrak{C}_1'$ und zwar jeder r_2 mal.

a) Die h Doppelsekanten durch das Kollineationszentrum

b) Die Geraden, welche in den Doppeltangentialebenen des K liegen und die zwei Berührungspunkte auf $\mathfrak{C}$ miteinander verbi

Die abzurechnende Zahl beträgt also $y = 4\,m - 5\,r + \frac{1}{2}\,r^2$, (2a) erhalten wir schliesslich das Resultat:

$$6\,G\,(\mathfrak{C}^4) = \frac{1}{2}\,m\,(m-1)\,(m^2 - 3\,\mathrm{m} + 3) - \frac{1}{2}\,r\,m\,(m-1) +$$

$$-\,m(m^2 - 3\,m - 8) - r\,(m^2 - 7\,m + 22 - r) - \frac{1}{2}\,m\,(n$$

$$+\,\frac{1}{2}\,r - 4\,m + 5\,r -$$

$$G(\mathfrak{C}^4) = \frac{1}{12}\,m\,(m-1)\,(m-2)\,(m-3) + m - \frac{1}{4}\,r\,(m^2 - 5\,m + 11) +$$

Dieser Wert stimmt mit dem in IX. gefundenen überein.

Zürich, Juli 1907.

Vorläufige Mitteilung über einen schweizerischen Sillimanitgneiss.

Von

U. Grubenmann.

Sillimanitgneiss ist bis jetzt aus den Alpen nicht bekannt geworden und konnte auch kaum erwartet werden, weil die alpinen kristallinen Schiefer nur selten die Charaktere ganz katogener Umwandlung aufweisen. Nun wurde aber auf einer Exkursion in den Weihnachtsferien 1906 unterhalb Ronco an der Landstrasse zwischen Ascona und Brissago am Langensee ein dunkler, biotitreicher, grobkristallinischer Schiefer gefunden, der, von hellen, grosskörnigen Pegmatiten durchsetzt, zunächst als Belegstück mitgenommen wurde dafür, dass die Gesteine im Kontakt mit Pegmatit gerne höhere Kristallinität annehmen. Der Schiefer gehört zu der grossen Zone ursprünglich sedimentärer, aber stark von eruptivem, salischem Material injizierter Gneisse, welche in angenäherter Ostwestrichtung den nördlichen Teil des Lago Maggiore überqueren und sich in ihrer typischen Ausbildung durch eine ausgesprochene Lagentextur auszeichnen. Diese Lagentextur ist beim dunklen Schiefer kaum angedeutet, wohl aber sieht man vom Pegmatit aus kurze helle Apophysen in das Gestein eindringen, dessen Schieferung sehr deutlich ist.

Makroskopisch kann neben dem schwärzlichen Biotit nur etwas Muskovit, Quarz und in obern Lagen auch reichlich Granat unterschieden werden. Das Vorhandensein von Feldspat bleibt zweifelhaft; ausserdem wird auf den Biotiten vielfach noch ein feiner, pilzähnlicher, gelblich-weisser Überzug wahrgenommen, den das Mikroskop mit Sicherheit als Sillimanit enthüllt. Dieses Mineral ist hier reichlicher vorhanden, als in irgend einem der altbekannten Sillimanitgneisse des bayrischen Waldes, des Schwarzwaldes, Sachsens oder des niederösterreichischen Waldviertels. Es tritt für sich in dicht gedrängten Büscheln geschart auf und durchsetzt auch in grosser

Menge einen Teil des Quarzes, besonders aber den Biotit. Der letztere zeichnet sich in Schnitten parallel der Spaltbarkeit durch seine tief rotbraune Farbe aus; senkrecht dazu ist er mattgelb. Sehr häufig ist er chloritisiert und dann zugleich von Rutilnadeln erfüllt (Entmischung!). Im allgemeinen bezeichnet er scharf die Ebene der Paralleltextur; einzelne seiner Blätter jedoch schneiden diese in auffallender Weise. Muskovit ist wenig vorhanden, mit dem dunklen Glimmer verwachsen und vielleicht durch Ausbleichung aus diesem hervorgegangen. Glimmer und Sillimanit bilden Flasern; zwischen ihnen erscheinen Lagen von Quarz und solche von Quarz und Feldspat (Orthoklas und basische Oligoklase); auch Granat wird von jenen Flasern umschmiegt. Ausserdem ist noch Rutil in grösseren Körnern und ziemlich viel Zirkon anwesend. Ein nach Blau und Gelb pleochroitischer, kleiner Einschluss eines Biotits wurde als Cordierit gedeutet.

Die Struktur des Gesteins ist im allgemeinen kristalloblastisch; nur die Quarz-Feldspataggregate zeigen in ihrer eigentümlich zackigen Verzahnung, in ihren myrmekitähnlichen und wurmförmigen Durchdringungen, sowie in ihrer wolkig verschwimmenden, albitischen und perthitischen Lamellierung Kennzeichen, welche neuerdings als typisch für pneumatolytische Injektion angesehen und in der Regel auch bei Pegmatiten angetroffen werden.

Es wurden durch Frl. Dr. L. Hezner sowohl von einem granatführenden, als einem granatfreien Stück des Sillimanitgneisses chemische Analysen ausgeführt mit nachfolgenden Resultaten:

	I (granatführend)	II (granatfrei)
$Si O_2$	54,15	58,43
$Ti O_2$	1,31	1,18
$Al_2 O_3$	27,38	25,06
$Fe_2 O_3$	1,37	0,68
$Fe O$	4,65	4,57
$Ca O$	1,42	0,43
$Mg O$	2,80	2,48
$K_2 O$	4,59	4,45
$Na^2 O$	1,12	1,33
$H_2 O$ unter 110°	0,16	0,31
Glühverlust	0,95	1,42
	99,90	100,34
	s = 2,95	s = 2,90

Molekularprozente:

	I	II
SiO_2	64,2	68,4
Al_2O_3	18,8	17,0
FeO	5,8	5,0
CaO	1,8	0,5
MgO	4,9	4,3
K_2O	3,3	3,3
Na_2O	1,2	1,5
	100,0	100,0

Gruppenwerte:[1])

	I	II
S	64,2	68,5
A	4,5	4,8
C	1,8	0,5
F	10,7	9,3
M	0,0	0,0
T	12,5	11,7
K	1,6	1,7

Die beiden Analysen und die daraus berechneten Werte sind ıander sehr ähnlich; nur zeigt die granatführende Varietät etwas ›hr CaO und Al_2O_3, wie zu erwarten war, und etwas weniger SiO_2. ›r chemische Charakter der Proben ist wesentlich durch den grossen ›nerdeüberschuss (hohes T) bestimmt, der sich mineralogisch in .limanit- und Granatbildung ausspricht, sowie durch das Über- .egen von MgO und FeO über die Alkalien; dadurch werden die ›steine systematisch unter die Tonerdesilikatgneisse verwiesen weite, sedimentäre Gruppe).

Für den Tonerdeüberschuss wäre eine direkte pneumatolytische erkunft denkbar, etwa nach den Gleichungen:

$$Al_2F_6 + 3H_2O = Al_2O_3 + 6HF$$
$$SiF_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HF$$
$$Al_2O_3 + SiO_2 = Al_2SiO_5.$$

Wahrscheinlicher aber ist der grosse Tonerdereichtum dem ur- ›ünglich sedimentären Anteil des Gneisses zuzuschreiben; denn der liminat ist als Einschluss hauptsächlich im Biotit und jenem Quarz ›handen, welcher nicht mit Feldspat verbunden ist und nicht die

[1]) Vergl. U. Grubenmann, kristalline Schiefer, II. Teil, Berlin 1907, pg. 12—15,

Kennzeichen der Injektion trägt, d. h. also in jenen Komponenten, welche ohne Zweifel dem ursprünglichen tonigen Sediment ihren Stoff verdanken.

Ein Einfluss des intrusiven Materials wird aber bei der Sillimanitbildung doch stattgefunden haben; nur bestand er nicht in Substanzzufuhr, sondern in Hitzewirkung, nach Art der Kontaktmetamorphose.

Der Sillimanitgneiss von Ronco ist also aus einem ursprünglichen tonigen Sediment hervorgegangen, bei dessen Umbildung neben metamorphosierenden Druckkräften auch pneumatolytische Injektion und Kontaktwirkung zur Geltung gekommen sind, wodurch ihm der Charakter der tiefsten Gneisse aufgeprägt worden ist.

Ende Juli 1907.

Mineralog.-petrograph. Institut des Polytechnikums.

Reste von Ovibos moschatus Zimm. aus der Gegend des Bodensees.

Von

K. Hescheler.

Hierzu Tafel XIII.

Die nachstehenden Zeilen sind ein wörtlicher Abdruck aus dem Probeheft der projektierten, aber nicht ins Leben tretenden Zeitschrift der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft, das am 28. Juli 1907 publiziert wurde. Neu sind noch einige Masse und Abbildungen des unten beschriebenen Wirbels am Schlusse beigefügt worden.

Unter den Artefakten, die bei der ersten Erforschung der Kesslerlochhöhle bei Thayngen gefunden wurden, spielt die Skulptur, welche man Moschusochsenkopf genannt hat, eine besondere Rolle. Die Richtigkeit der Deutung ist mehrfach angezweifelt worden, so auch wieder in neuerer Zeit. Körperliche Überreste von Ovibos fanden sich weder bei der ersten Grabung, noch bei der zweiten, die von Nüesch vorgenommen wurde. Die letzte Erforschung der Fundstelle, von Heierli im Auftrage der Schaffhauser antiquarischen und naturforschenden Gesellschaften durchgeführt, förderte unter dem Tiermaterial ein Stück zutage, das dem Moschusochsen zugeschrieben werden kann, so dass dieser jetzt als Mitglied der palaeolithischen Thayngerfauna aufgeführt werden darf, mit einer gewissen Reserve allerdings nur. Der Nachweis des Vorkommens stützt sich nämlich bloss auf eine Phalanx I der hinteren Extremität. Es soll hier auf eine weitere Diskussion verzichtet werden, die zu erwägen hat, ob es möglich ist, mit Hilfe des genannten Knochenstückes die Spezies zu bestimmen, und es sei auf die Abhandlung, die in den Denkschriften der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft erscheint, verwiesen.

Der erwähnte Fund musste nun natürlich anregen, nach weiteren Skelettresten von Ovibos moschatus unter dem Kesslerlochmaterial zu suchen. Die bisher angestellten Nachforschungen, die sich auch auf die in den Museen von Konstanz und Schaffhausen aufbewahrten

Stücke der ersten Ausgrabung erstreckten, blieben bis dahin ohne Erfolg; dagegen spielte mir ein eigentümlicher Zufall ein unzweifelhaftes Skelettstück des fossilen Moschusochsen aus der Bodenseegegend in die Hände.

Bei einem Besuche im Rosgartenmuseum in Konstanz im vergangenen Herbst zeigte mir Herr Stadtrat Leiner, dem ich seine ausserordentliche Freundlichkeit, mit der er mir in jeder Weise behilflich war, hier vielmals verdanke, einige Funde, die vor kurzer Zeit in einer Kiesgrube beim „Jakob" gemacht worden waren, also an der Spitze der bei Konstanz in südöstlicher Richtung gegen den Bodensee vorspringenden Halbinsel, welche den Ueberlingersee abtrennt. Es handelte sich um Unterkieferfragmente von Equus caballus, dazu drei untere Backenzähne vom Pferd (sie stimmen überein mit den Zähnen des Kesslerlochpferdes), ferner um einen mächtigen Dornfortsatz, der offenbar einem Wirbel von Elephas primigenius angehören musste (wie sich nachher herausstellte, einem vorderen Rückenwirbel) und schliesslich um einen Halswirbel, dessen Zugehörigkeit ich nicht bestimmen konnte und der durch verschiedene Eigentümlichkeiten auffiel. Er stammte jedenfalls von einem grossen Säugetiere; auffallend erschienen besonders der plumpe Bau, die relative Kürze des Körpers und die sehr kleinen Foramina transversaria. In Zürich verglich ich das Stück mit den Wirbeln der Tiere, die etwa in Betracht kommen konnten — ohne Erfolg. Der Gedanke an Ovibos — ich möchte dies hervorheben — kam mir gar nicht in den Sinn. Beim Durchblättern der Abhandlung von Tscherski (Posttertiäre Säugetiere d. Janalandes und der neusibir. Inseln, Mém. Ac. St. Pétersbourg, VII. sér. t. XL. 1892) erregten die Abbildungen 4 und 5 der Tafel III mein grösstes Interesse — das musste der fragliche Wirbel sein — die Abbildungen stellen den 5. Halswirbel von Ovibos moschatus dar. Ein rezentes Ovibosskelett war kurz zuvor von der zoologischen Sammlung der Hochschulen in Zürich erworben worden, das meiste davon aber noch nicht präpariert. Es stammt vom Gaasefjord, Ellesmeere Land. Der später durchgeführte Vergleich ergab sodann eine gute Übereinstimmung, zum mindesten zeigt der rezente Halswirbel vom Moschusochsen dieselben wesentlichen Eigentümlichkeiten, wie das fossile Stück. Letzteres gehört aber einem grösseren Individuum an und der Bogenteil des Wirbels ist bei ihm relativ stärker gebaut.

Um bei der Bestimmung des Stückes vollkommen sicher zu gehen, habe ich mir erlaubt, dasselbe Herrn Dr. H. G. Stehlin in Basel zur Begutachtung vorzulegen. Er schreibt: „Ich habe das Fundstück aus der Kiesgrube ‚beim Jakob' nach allen Richtungen verglichen und bin schliesslich in der angenehmen Lage, Ihrer Deutung desselben mit

aller Entschiedenheit beipflichten zu können. Alles, was der Grösse nach sonst etwa in Betracht fiele, also Boviden, Alces, Cervus, Hippopotamus, Equus, Rhinoceros, steht in jeglicher Hinsicht so viel ferner, dass die kleinen Differenzen, welche das Fossil auch gegenüber den vorliegenden Oviboswirbeln aufweist, keinen Anlass zu ernsthaften Zweifeln zu bieten vermögen." Auf Anregung von Herrn Dr. Stehlin, dem ich auch hier herzlich danke, habe ich mir weiteres Vergleichsmaterial aus der zoologischen Sammlung der landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin erbeten und freundlicher Weise zugesandt erhalten die Halswirbel des Skelettes Nr. 2822 (O. m. ♂ von den Barren-Grounds am Mackenzieflusse) und des Skelettes Nr. 6043 (Bullen, der 5 Jahre im zoologischen Garten in Berlin lebte und angeblich aus Nord-Ost-Grönland stammen soll). Der Vergleich zeigte nun mit aller Deutlichkeit, dass der fossile Wirbel mit seinen Besonderheiten durchaus innerhalb die Variationsbreite fällt, wie sie durch die Wirbel der zwei Berliner und des Zürcher Skelettes gegeben wird. So liess sich auch mit Sicherheit konstatieren, dass es sich um den fünften Halswirbel handelt.

Über die geologischen Verhältnisse der Fundstelle ist in der soeben erschienenen Abhandlung von W. Schmidle (Zur geologischen Geschichte des nordwestlichen Bodensees bis zum Maximalstand der Würmeiszeit, Schriften des Ver. f. Gesch. des Bodensees und seiner Umgebung, 35. Heft, 1906) genaueres angegeben. Die Sand- und Kiesschichten beim Jakob gehören nach dem Verfasser in die von ihm als zweite und dritte Phase bezeichneten Zeitabschnitte nach dem Maximum der Würmeiszeit, d. h. in Achenschwankung und Bühlstadium nach Penck, das Gros der Kiesbank jedoch in die dritte Phase (pag. 107). In dem Profil auf pag. 107 ist auch die Fundstelle eines Mammutstosszahnes eingetragen, der kurz nach den oben beschriebenen Stücken ausgegraben worden war und auch im Rosgartenmuseum liegt. Schon früher sind im Kiesgebiet der „Flachhügelländer" um Konstanz Tierreste entdeckt und auch Spuren des Menschen nachgewiesen worden, die von Penck (Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Liefg. 5, pag. 426) ins Magdalénien verwiesen werden und nach ihm ins Bühlstadium (dritte Phase nach Schmidle) fallen.

Nach dem Erscheinen der Schmidleschen Abhandlung habe ich Herrn Leiner nochmals um weiteren Aufschluss über die Fundstelle des Moschusochsenwirbels und der anderen erwähnten Fossilien vom Jakob gebeten. Er schreibt: „Die Knochenreste aus der Kiesgrube beim Jakob, die Sie in Händen haben, wurden in den Jahren 1903 oder 1904 gefunden. Die Zeit weiss ich nicht mehr genau. Der Mammutstosszahn wurde im Sommer 1905 gefunden. Ob die Sachen

alle in der gleichen Schicht lagen, ist nicht mehr festzustellen, da die Kiesschichten vollständig abgegraben sind. Es ist aber sehr wahrscheinlich, da die Fundstelle des Mammutstosszahnes ziemlich in gleicher Höhe liegt wie diejenige, wo die anderen Knochenreste herstammen, so viel ich mich erinnern kann. Die beiden Fundstellen sind auch weit auseinander, an den entgegengesetzten Enden der grossen Kiesgrube."

Für uns kommt als wichtig insbesondere in Betracht, dass diese Funde, speziell der beschriebene Moschusochsenwirbel, demnach nicht älter sind als die Kesslerlochsiedelung, die nach den neuesten Feststellungen von Prof. J. Meister in die Achenschwankung zu setzen ist. Somit hat das Vorkommen von Ovibos in der Kesslerlochfauna weiter an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Der sichere Nachweis des Moschusochsen im Magdalénien der Bodenseegegend ist natürlich für die Beurteilung der klimatischen Verhältnisse dieser palaeolithischen Kulturepoche von grösster Bedeutung. 1878 schon hat Ecker von Langenbrunn im Donautale bei Sigmaringen Moschusochsenreste beschrieben (Arch. f. Anthrop., Bd. X), weiter südlich aber in der Gegend der Schweiz war er bis dahin nicht bekannt geworden (siehe auch Verh. d. Schweiz. naturf. Ges. 1906, Über die Tierreste aus der Kesslerlochhöhle); in Frankreich freilich ging Ovibos bis zum 45. Breitengrad. Mortillet (Le préhistorique, 3. éd., 1900, pag. 399) sagt, dass er in Zentraleuropa in der Moustérienepoche gelebt habe. Er würde sich also in der Gegend der Schaffhauser Höhlen noch im Magdalénien nachweisen lassen. Als parallele Erscheinung kann die Verbreitung des Rhinoceros tichorhinus herangezogen werden, von dem Mortillet pag. 386 schreibt, dass „en France, bien que cité à la base des dépôts de Solutré, il n'a presque pas dépassé l'époque moustérienne"; in der palaeolithischen Kesslerlochfauna spielte das Nashorn als Jagdtier des Menschen aber sicher noch eine Rolle (Studer, Knochenreste vom Kesslerloch, Denkschr. schweiz. naturf. Ges., 1904, und Verbreitung des Rhinoceros im Diluvium der Schweiz, Mitteilg. d. naturf. Ges. Bern a. d. Jahre 1904). Siehe übrigens auch Harlé (Un crâne de bœuf musqué, des Eyzies (Dordogne), Bull. soc. géol. France, IV. sér. t. 1, 1901), der Ovibosreste beschreibt, die aus einer Schicht kommen mit Silex, „dont la plupart sont de type magdalénien, mais dont quelques-uns se rapprochent des racloirs moustériens."

Der oben beschriebene fossile Wirbel ist, wie die Abbildungen auf Tafel XIII zeigen, lädiert, die Querfortsätze und der Dornfortsatz sind abgebrochen.

Entsprechend den Angaben von Tscherski (l. c. pag. 96) liessen sich folgende Messungen ausführen:

5. Halswirbel von Ovibos

	Fossil von Konstanz mm	Von der Ljachowinsel n. Tscherski mm	Vom Skelett No. 2822 Berlin mm	Vom Skelett No. 6043 Berlin mm	Vom Skelett in Zürich mm
1. Länge des Wirbelkörpers an seiner oberen Fläche	44	43	45	43	44
3. Grösste Höhe der vorderen Gelenkfläche	58	53	53,5	—	50
4. Querdurchmesser derselben	c. 66	56 ?	64	—	55
5. Grösste Höhe der hinteren Gelenkfläche	59	56	56	55	55,5
6. Querdurchmesser derselben	70	63 ?	70	60	61
7. Geringste Breite des Wirbels vorn, im Zwischenraume zwischen den Gelenk- und Querfortsätzen (obere Verengerung des Wirbels)	81	79	78	72	71
8. Grösste Breite des Bogens im Bereich der vorderen Gelenkfortsätze (obere Verbreiterung des Wirbels	92	97,5	89	86	79
10. Geringste Breite der oberen Oberfläche des Bogens	76	85	74	72	71
13. Geringste Entfernung zwischen den unteren Rändern der Gelenkfacetten der vorderen Gelenkfortsätze	26	30	28	23	28
14. Grösste Entfernung zwischen den oberen Rändern derselben Gelenkfortsätze	87	87	85	83	83
15. Geringste Entfernung zwischen den unteren Teilen der Gelenkfacetten der hinteren Gelenkfortsätze	35	33	36	36	37
18. Geringste Länge der Basis (Schenkel) des Bogens, von vorn nach hinten	31	35	32	25	24
19. Grösste Dicke derselben (d. h. d. Schenkel)	30	28	27	26	24
20. Geringste Breite der äusseren Wand des Gefässkanals (von vorn nach hinten)	25	27	29	22	23
21. Grösste Dicke dieser Wand	12	—	14	8	10
22. Grösster Durchmesser des Gefässkanals hinten	8	9	5	10	9
23. Sein grösster Querdurchmesser ebendaselbst	5	6	2	5	4
28. Entfernung vom unteren Rande der vorderen Gefässkanalöffnung zum vorderen Rande des Wirbelbogens in der Gegend des unteren Endes der Gelenkfläche des vorderen Gelenkfortsatzes	32	35	33	—	29
36. Höhe des Rückenmarkkanals vorn	21	26	25	—	22
37. Breite desselben ebendaselbst	22	25,5	27	—	25

Die Grösse des Lumens der Foramina transversaria (Gefässkanäle), die bei den Halswirbeln von Ovibos auffallend gering ist, zeigt bei den verschiedenen Individuen, deren Skeletteile zu dieser Untersuchung vorlagen, eine ganz bedeutende Variabilität; an einzelnen Wirbeln können sich diese Kanäle bis zur Obliteration verengern; der Durchmesser wird so klein, dass offenbar kein Gefäss mehr durchziehen konnte; es wird das letztere in dem Falle ausserhalb des Wirbels seinen Weg genommen haben.



Fig. 1. Ansicht von vorn.



Fig. 2. Ansicht von hinten.

swirbel von Ovibos moschatus, fossil von Konstanz.

Reduktion auf 8/...

Die neue Flora der Vulkaninsel Krakatau.

Von

A. Ernst.

Hierzu Tafeln XIV—XIX.

Inmitten der Sundastrasse, zwischen Java und Sumatra, liegt eine Gruppe kleiner Inseln, welche vor einem Vierteljahrhundert Schauplatz des grössten vulkanischen Ausbruchs in historischen Zeiten gewesen sind: Krakatau[1]), Verlaten Eiland und Lang Eiland. Die drei Inseln umschliessen ein fast kreisförmiges Becken von etwa vierzig Quadratkilometer Fläche. An dessen Stelle dehnte sich vor dem furchtbaren Ausbruch vom 26. bis 28. August 1883, von den beiden anderen Inseln nur durch schmale Meeresarme getrennt, der nördliche Teil der damals noch 9 km langen und 5 km breiten Krakatauinsel. In ihrem südlichen Teil erhob sich als steiler Kegel der 832 m hohe Rakàta, an welchen sich im Zentrum der Insel der mehrgipfelige,

[1]) Die offiziellen inländischen Bezeichnungen sind Poeloe (Insel) Rakáta für Krakatau, P. Sertoeng für Verlaten Eiland, P. Rakáta ketjil für Lang Eiland. Über die Bedeutung des Wortes Krakatau oder Rakáta hat Verbeek weder aus der Literatur noch durch Erkundigungen Gewissheit erlangen können. Schon die offizielle Benennung Rakáta scheint eine abgeänderte Form zu sein, denn in malayischen Schriften tauchen noch andere Schreibweisen wie Kalkata, Karkata auf. Der letzte Name findet sich auch schon auf einer kleinen Karte der Sundastrasse vom Jahre 1611. Vielleicht stammt der Name der Insel von den Sanskritausdrücken Karta, Karkata, Kartataka ab, welche Krebs, Krabbe bedeuten. Auch Junghuhn („Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart", Leipzig 1854, Band IV, Seite 1) gibt an, dass Rèkata oder Rakata im Altjavanischen, der sog. Kawisprache, Krabbe bezeichne; demnach würde der Name Poeloe Rakáta etwa „Krabbeninsel" bedeuten. Die jetzt gebräuchliche Form „Krakatau" ist vielleicht aus der amtlichen Bezeichnung Rakáta im Sprachgebrauch der Seeleute entstanden. Seit der Eruption ist dieser Name, der auch den Eingeborenen vorher schon geläufiger war als Rakáta, allgemein üblich geworden. Andere Schreibweisen wie Krakataoe, Krakatoa, Krakatoea, denen man in der Literatur begegnet, sind im malayischen Archipel unbekannt. Mit Verbeek bezeichnen wir daher die Insel als Krakatau, ihren höchsten Berg mit dem alten Namen Rakáta.

etwa 400 m hohe Danan, der Rest einer ringförmigen Kraterwand, anlehnte; nördlich erstreckte sich bis zur Küste hin das hügelige, von mehreren Gipfeln überragte Gebiet des Perboewatan. Die ganze Insel war vom Strande bis auf die Spitze des Rakáta von undurchdringlichem Urwald bedeckt. Nur im Gebiet des Perboewatan fand Verbeek[1]), welcher dem nördlichen, seither verschwundenen Teil der unbewohnten Insel im Juli des Jahres 1880 einen kurzen Besuch abstattete, einige bis zur Küste reichende Lavaströme, die, von spärlicher Vegetation bedeckt, an ihrer Oberfläche nur wenig verwittert waren. Wahrscheinlich stammten dieselben von dem einzigen bekannten Ausbruch im Jahre 1680 her.

Schon seit langem hielt man die vulkanische Tätigkeit auf der Insel für gänzlich erloschen. Am 20. Mai 1883 aber öffnete sich plötzlich unter heftigen, weit über Java und Sumatra hin hörbaren Detonationen ein neuer Krater am Perboewatan, dessen Auswurfsmaterial, Bimsstein und Asche, schon nach wenigen Tagen einen grossen Teil der Insel, ebenso Teile von Verlaten Eiland mit einer bis 1 m hohen Schicht überdeckte. Auf der Nordseite des hohen Hauptgipfels und auf dem ganzen nördlichen Teil von Krakatau ragten hie und da noch einige Baumstämme, armselige Reste des früheren üppigen Waldes, aus der grauen Decke hervor, während auf der Südseite des Kegels, auf Lang Eiland und einer vierten zwischen diesem und Verlaten Eiland gelegenen, seit der Eruption vom 27. August völlig verschwundenen Insel „Poelsche Hoed“ die Vegetation noch wenig gelitten hatte.

Im Juni öffnete sich ein zweiter, Asche und Bimsstein auswerfender Krater am Fusse des Danan. Anfang August bildeten sich ein dritter Krater und zahlreiche dampf- und rauchausstossende Spalten an dem Südabhang des Danan, welcher später vollständig einstürzte und den Hauptkrater für die letzten Eruptionen bildete. Die Heftigkeit der Ausbrüche steigerte sich am 26. und 27. August zu der furchtbaren Katastrophe, deren Wirkungen zum Teil auf der gesamten Erdoberfläche wahrgenommen werden konnten.

Die Detonationen wurden nicht nur im Gebiet des ganzen malayischen Archipels, sondern auch in Ceylon, Birma, Manilla, Neu-Guinea und an der Westküste Australiens gehört. In Batavia und Buitenzorg auf Java, 150 km vom Explosionsort entfernt, wirkten sie wie heftige, aus nächster Nähe abgefeuerte Artilleriesalven. Der

---

[1]) Verbeek, R. D. M., Topographische en geologische beschrijving van Zuid-Sumatra. Jaarboek van het Mijnwezen in N. O. J. 1881, Deel I, pag. 154—156; 179—181; 214—215.

Verbeek, R. D. M., Krakatau. Batavia 1885, pag. 5.

erzeugte Luftdruck machte die Fensterscheiben klirren und erschütterte die Häuser so stark, dass im Innern Gegenstände von Tischen und Gestellen heruntergeworfen wurden.

Während des Ausbruchs überschüttete der Vulkan seine ganze Umgebung bis in eine Entfernung von 35 km mit glühenden Steinen und heisser Asche. Was nahe lag, wie die Dörfer auf der von zweitausend Menschen bewohnten Insel Sebesi, erlitt das Los von Herculanum und Pompeji. Ein dichter Aschenregen fiel über ganz Süd-Sumatra, nordwärts bis Benkoelen und Palembang, in Westjava bis über Batavia und die Preanger Regentschaften hinaus; feiner Aschenstaub wurde über eine noch grössere Fläche, etwa 600 000 Quadratkilometer, hingestreut. In südwestlicher Richtung erstreckte sich der Aschenregen sogar 1200 km weit und allbekannt ist, dass allerfeinste Teilchen vermengt mit Wasserdampf in die obersten Luftschichten gelangten, durch Luftströmungen über die ganze Erde verbreitet wurden und die prächtigen Dämmerungserscheinungen veranlassten, die im Dezember 1883 überall zu beobachten waren.

Die Gesamtmenge der von den Kratern der Krakatauinsel vom Mai bis August 1883 ausgeworfenen Massen wurde von Verbeek auf Grund eingehender Berechnungen auf 18 Kubikkilometer geschätzt — eine Schuttmenge, die z. B. genügen würde, um das ganze Gebiet des Kantons Zürich mit einer Schicht von 10 m Mächtigkeit zu überdecken. Durch diesen ungeheuren Materialverlust wurden der Hauptkrater und die benachbarten Teile der Insel in ihrer Basis unterhöhlt und am Morgen des 27. August erfolgte die Hauptkatastrophe: ein grosser Teil der Insel und des umgebenden Meeresgrundes stürzte gleich einem mangelhaft unterstützten Gewölbe zusammen. Den Trümmern nach drängte wie in einen Trichter von allen Seiten die See, türmte sich über dem versunkenen Krater im Zusammenprall wieder empor und erzeugte gewaltige Flutwellen, die, gegen 40 m hoch und Felsblöcke bis zu 300 Kubikmeter Inhalt mit sich führend, zu wiederholten Malen über die benachbarten Küsten Javas und Sumatras hereinbrachen. Mehrere Kilometer landeinwärts wurde alles zerstört; ganze Dörfer verschwanden und gegen 30 000 Menschen fanden in der tobenden See den Tod. In der flachen Javasee drang die Flutwelle nur mit geringer Gewalt vor. Immerhin erlitten die niedrigen Inseln in der Bucht von Batavia beträchtlichen Schaden und in Tandjong Priok, dem Hafen von Batavia, wurden am 27. August von Mittag an während der nächsten 36 Stunden nicht weniger als 18 Flutwellen verzeichnet, von denen die erste und stärkste eine Höhe von mehr als 2 m besass. Viel günstigere Bedingungen für ihr Fortschreiten fand die Welle im tiefen Wasser des indischen Ozeans. Noch am

[illegible] Tage wurden in allen Häfen desselben heftige Stosswellen wahrgenommen. Am 28. August nahm die Flut [illegible] den Weg in den [illegible] Ozean genommen und wurde in [illegible] [illegible]. Über-[illegible] [illegible] und anderen [illegible] verspürt.

Die holländische Expedition, die zwei Monate nach der Eruption unter der Leitung von Verbeek die Untersuchung der Inselgruppe vornahm, konstatierte ungeheure Veränderungen (vergleiche das Spezialkärtchen auf Tafel XI). Die kleine Insel „Poolsche Hoed", ein Teil von Lang Eiland sowie zwei Drittel der Hauptinsel mit einer Fläche von 22.85 km² waren versunken. Die Bruchfläche ging mitten durch den Rakata, dessen höchster Punkt noch erhalten geblieben war. Von Süden an fiel der Berg jetzt in steiler, fast senkrechter Wand bis zum Meeresboden ab. An seinem Fuss wie auch draussen in dem neuen Meeressaal, der zwischen den früher dicht beisammen liegenden Inseln entstanden war, erreichte das Lot erst bei 100, 200, stellenweise 300 m Länge den Grund.

Lava scheint während des ganzen Ausbruchs nicht geflossen zu sein, dagegen zeigten sich die drei Inseln von Bimsstein und Aschenschichten überdeckt, deren Mächtigkeit häufig 60 m, im Mittel 30 m betrug. Verlaten Eiland und Lang Eiland waren um diesen Betrag höher geworden. Das erstere hatte überdies rings an Ausdehnung gewonnen. Ebenso hatte sich an der Südwest- bis zur Südostküste der Krakatauinsel ein neuer Randgürtel gebildet, und zwar waren hier zu den erhalten gebliebenen 10.7 Quadratkilometern 4.6 Quadratkilometer Neuland hinzugekommen. In der kurzen seit der Eruption verstrichenen Zeit von zwei Monaten, waren durch die Tätigkeit des Wassers schon tiefe Täler und Schluchten, teilweise mit 6 bis 8 m hohen senkrechten Wänden, in die lockeren Schichten eingeschnitten worden. Auch war in der Nähe des Gipfels, wo die neuen Schichten von Anfang an am schwächsten gewesen sein mussten, hier und da ein Stück der alten Felsoberfläche mit gestürzten und verkohlten Baumstämmen blossgelegt. Überall aber waren die letzten Reste pflanzlichen Lebens, welche die ersten Ausbrüche noch überdauert hatten, unter der hohen Decke glühenden Gesteins völlig vernichtet worden. Die ehemals grünen Inseln lagen als Wüste traurigster Art da, einsam — 19 bis 25 km entfernt von den benachbarten, gleichfalls halb verödeten Inseln Sebesi und Seboekoe, 35 bis 45 km von den nächstgelegenen Punkten der javanischen und sumatranischen Küste —, unbewohnt und aller Wahrscheinlichkeit nach auch für lange Zeiten unbewohnbar. Aber bald stellten sich die ersten Pioniere pflanzlichen und tierischen Lebens ein und schon heute, kaum 23 Jahre nach der gänzlichen Vernichtung allen organischen

Lebens auf der Eilandgruppe, sind die Inseln von einem neuen Pflanzenkleid überzogen, stellenweise in solcher Üppigkeit, dass es des Haumessers bedarf, um mühsam einen Weg durch dasselbe zu bahnen.

I. Ergebnisse der Besuche von 1886 und 1897.

Es ist ein grosses Verdienst des berühmten Leiters der botanischen Institute zu Buitenzorg auf Java, des genialen Forschers Melchior Treub, das Studium der neuen Krakatauflora begonnen und weiterhin ermöglicht zu haben. Die bis heute zu drei verschiedenen Malen vorgenommene botanische Durchforschung der 1883 vegetationslos gewordenen Inseln hat ausser zahlreichen Aufschlüssen allgemein biologischer Natur durch die Feststellung des Verlaufs der Neubesiedelung einen der wichtigsten Beiträge zur Lösung der viel diskutierten Frage nach der Herkunft der Flora und nach der Besiedelungsgeschichte weit vom Festland entfernter Inseln geliefert. Die ältere Literatur[1]) über dieses interessante pflanzengeographische Problem war, sofern sie sich auf direkte Beobachtung gründete, auf die Besiedelungsgeschichte junger, aus dem Meere emporwachsender Koralleninseln, also flachen abgelegenen Neulandes, und auf die Untersuchung der Verbreitungsmittel der Pflanzen von älteren Korallen- und Vulkaninseln angewiesen. Auf Krakatau bot sich nun Treub[2]) Gelegenheit zum Studium des komplizierteren Problems: wie entsteht die Vegetation eines inselbildenden Vulkans, der bei einer Eruption seine ganze Pflanzendecke verloren hat, oder — was auf dasselbe hinausläuft — wie entsteht die Vegetation einer plötzlich aus dem Meer emporgehobenen hohen Insel, und ferner: in welcher Reihenfolge treten die neuen Florenelemente auf der Insel auf und durch welche äussere Faktoren wird die Neubesiedelung überhaupt vermittelt?

Den aus dem Meere emporwachsenden Koralleninseln werden die ersten lebenden Keime von Landpflanzen durch die Meeresströmungen zugeführt, welche Früchte und Samen, die an der Wasseroberfläche dahintreiben, an den flachen Strand tragen. Einzelne

[1]) Eine vollständige Zusammenstellung derselben befindet sich in: W. B. Hemsley, Report on present state of Knowledge of various Insular Floras, Introduction to the first three Parts of the Botany of the Challenger Expedition, Botany, Vol. I. pag. 69.

[2]) M. Treub, Notice sur la nouvelle Flore de Krakatau. Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, Vol. VII, 1888.

M. Treub, Over het nieuwe Plantenkleed van Krakatau: Naturkundig Tijdschrift vor Neederlandsch-Indië, Band 48, 1889.

der gelandeten Keime sind noch lebensfähig. Sie treiben aus und wachsen, sofern die Lebensbedingungen nicht allzu ungünstig sind. zu den ersten Pflanzen der Insel heran. Es ist schon lange bekannt, dass nur eine verhältnismässig kleine Zahl von Pflanzen in dieser Art ihr Verbreitungsgebiet auszudehnen vermag. Die Vergleichung der Inselfloren hat gezeigt, dass es ausschliesslich Strandpflanzen sind — im malayischen Archipel gibt es ungefähr 320 Arten — deren Früchte oder Samen die zu einer solchen Verbreitung durch die Meeresströmungen erforderlichen Eigenschaften aufweisen, d. h. die Fähigkeit besitzen, während Wochen oder Monaten auf Meerwasser zu schwimmen, ohne ihre Keimkraft einzubüssen.

Als zweiter wichtiger Faktor für die Besiedelung der Koralleninseln hat sich die Mitwirkung der Vögel ergeben, welche sich auf solchen Inseln zum Ruhen niederlassen oder nach Nahrung suchen. Sie können auf verschiedene Art zur Bereicherung der Inselflora beitragen. Fruchtfressende Vögel deponieren mit ihren Exkrementen Samen, die den Darmkanal unversehrt passiert haben. Ferner werden beim Ordnen und Putzen des Gefieders häufig Früchtchen und Samen abgestreift, die vermittelst Häkchen oder anderer Vorrichtungen an den Federn hafteten oder zusammen mit Erde und Schlamm an den Zehen mitgetragen worden sind.

Den Meeresströmungen und den Vögeln verdanken zahlreiche Koralleninseln die ersten und verbreitetsten Pflanzen. Durch den Wind und gelegentlich durch andere Faktoren werden denselben später, wie aus zahlreichen Beobachtungen hervorgeht, auch Sporen und Samen anderer Pflanzen zugeführt, welche nun auf dem von ihren Vorgängern schon veränderten Substrat zusagende Keimungs- und Wachstumsbedingungen vorfinden und rasch die noch vorhandenen Lücken in der Inselvegetation ausfüllen.

Für Krakatau erwartete nun Treub in Analogie zu der eben angedeuteten Entstehungsgeschichte der Flora rezenter Koralleninseln etwa folgenden Gang der Besiedelung:[1])

„Le littoral de l'île se couvre de plantes à l'aide des graines amenées par les courants océaniques et par les oiseaux tout comme chez les îles de corail. Les éléments qui composent la flore de cette bande littorale remonteront petit-à-petit les versants de l'île; cela est possible parceque la plupart de ces plantes, bien que préférant une station saline, croissent vigoureusement encore éloignées de la plage et à une assez grande altitude. Cependant, plus la bande végétale originaire de la plage remonte et plus sa marche se ralentira.

[1]) M. Treub, l. c. pag. 216.

Finalement ce sera presque uniquement par l'entremise des oiseaux que les parties les plus élevées de l'île se peupleront de plantes. Une fois toute l'île couverte d'un tapis végétal peu dense encore, le terrain sera peu à peu préparé à recevoir d'autres plantes dont les spores ou les graines sont amenées par le vent ou par d'autres causes."

Ganz anders aber stellte sich der wirkliche Gang der Besiedelung dar. Im Juni 1886, als die Insel von Treub zum ersten Male besucht wurde, waren überall, vom Strande bis zum Gipfel, Anfänge einer neuen Vegetation vorhanden und Treub konnte die wichtige Tatsache feststellen, dass die Besiedelung des Strandes und des Innern sowie der Abhänge des Kegels gleichzeitig, aber in verschiedener Weise und in der Hauptsache mit verschiedenen Pflanzen erfolgte. Als erste pflanzliche Ansiedler auf den Bimsstein- und Aschendecken, auf dem blossliegenden Gestein in den Schluchten des Bergabhanges wurden blaugrüne Algen festgestellt, denen — nach den Befunden der späteren Expeditionen zu schliessen — wohl schon damals Diatomeen und Bakterien beigemischt waren. Die schwarzgrüne, gallertig-schleimige Schicht, mit welcher diese zweifellos vom Winde nach der Insel getragenen, kleinsten und genügsamsten Organismen Bimsstein und Asche überzogen, bildete ein geeignetes, nährstoffreiches Substrat für die Keimung von Moos- und Farnsporen und der Samen von Blütenpflanzen, welche wie die ersteren infolge ihrer Kleinheit und ihres geringen Gewichtes durch die Luftströmungen auf die Insel gelangten. Besonders charakteristisch für die erste Epoche der Besiedelung war das quantitativ bedeutende Vorherrschen der Farne, die mit 11 verschiedenen, im indomalayischen Gebiet weit verbreiteten Arten vertreten waren, unter denen aber nur zwei in der Strandflora der Inseln vorzukommen pflegen.

Ausser Kryptogamen wurden 1886 auch schon Phanerogamen auf der Insel getroffen, im Vergleich zu den Farnen allerdings erst in verhältnismässig kleiner Arten- und Individuenzahl. In der Driftzone des Strandes fand Treub Keimlinge von 9 Arten von Blütenpflanzen, deren Samen, durch die Meeresströmung ans Ufer getragen, dort gekeimt hatten, ferner Früchte und Samen von 7 weiteren Blütenpflanzen, welche wie die ersteren der typischen Strandvegetation des malayischen Archipels angehören. Im Innern und an den Abhängen des Rakáta betrug die Zahl der Phanerogamen-Arten 8, von denen zwei mit an der Küste gefundenen identisch waren. Die übrigen 6 Spezies, vier Kompositen und zwei Gräser, also mit leichten, teilweise mit Flugapparaten versehenen Früchtchen ausgerüstete Pflanzen, waren offenbar gleich den winzigen Sporen der Kryptogamen durch den Wind aus der umgebenden Inselwelt dem Neuland des Krakatau

zugeführt worden. Durch Tiere oder durch Vermittlung des Menschen eingeschleppte Pflanzen waren auf der unbewohnten und nur schwer zugänglichen Insel noch nicht vorhanden.

Das Problem der Erst- oder Neu-Besiedelung einer weit vom Festlande abgelegenen hohen Vulkaninsel war also durch Treubs Beobachtungen in überraschender Weise gelöst worden. In vollständiger Abweichung von dem in Analogie mit den Koralleninseln zu erwartenden Besiedelungsverlauf hatte sich als wichtigster Befund ergeben, dass in der ersten Periode desselben die Elemente der Strandflora, welche als erste Besiedler der Koralleninseln auftreten, nur einen verschwindend kleinen Anteil an dem neuen Pflanzenkleid haben. Die Flora des Inselinnern hatte sich nicht nur völlig unabhängig, sondern auch viel rascher als diejenige des Strandes entwickelt. Die Anzahl der im Innern vorkommenden Arten war grösser und die Individuenzahl besonders einzelner Farne so bedeutend, dass das Gesamtbild der entstehenden Vegetation durch diese Farne bestimmt wurde. Zwischen ihnen erschienen erst hie und da, im Gebirge sowohl wie am Strande, einzelne Phanerogamen eingestreut.

Es wäre nun von grossem Interresse gewesen, die allmählichen Veränderungen dieser noch so artenarmen und merkwürdig zusammengesetzten neuen Pflanzenwelt der Insel festzustellen. Eine von Treub in Aussicht genommene eingehende Durchforschung der Inselgruppe während der nächstfolgenden Jahre musste indes leider unterbleiben und erst mehr als 10 Jahre später, im März 1897 wurde der Krakatauinsel durch Treub, Penzig[1]), Raciborski, Boerlage und Clautriau der zweite Besuch abgestattet.

In den $10^1/_2$ Jahren, welche zwischen der ersten und zweiten botanischen Durchforschung liegen, hatte eine wesentliche Vermehrung der Artenzahl von Küsten- und Binnenlandflora stattgefunden. Im ganzen wurden im Jahre 1897 auf Krakatau und den ebenfalls besuchten, im Jahre 1886 noch völlig vegetationslosen Inseln Verlaten Eiland und Lang Eiland 62 Arten von Gefässpflanzen, 50 Phanerogamen und 12 Gefässkryptogamen, gefunden, sowie am Strande die angeschwemmten Samen und Früchte von weiteren 26 Blütenpflanzen gesammelt. Der Pflanzenbestand der Insel war ein dichterer, stellenweise geschlossener geworden, die Bildung charakteristischer Pflanzenvereine, Formationen, hatte begonnen. Auf allen drei Inseln fand sich am Strande vorherrschend die als *Pes Caprae-Formation* bezeichnete Pflanzengesellschaft. *Mangrove* fehlte gänzlich und zu Strandwaldungen war erst auf Verlaten Eiland ein Anfang gemacht.

[1]) Penzig, O., Die Fortschritte der Flora des Krakatau. Annales du jardin botanique de Buitenzorg 1902. II. série, Vol. III, pag. 92—113.



Phot.: A. Ernst.

Fig. 3. Ansicht der Krakatauinsel von Norden.
(pag. 326).



Phot.: A. Ernst.

Fig. 4. Gipfel des Rakáta (832 m) mit der Abbruchwand.
(pag. 323).

Weiter landeinwärts bildete das Pflanzenkleid eine Art Savanne
:r Grassteppe mit zum Teil mehr als mannshohen Gräsern, die
lerorts sich zu dichtem Dschungel vereinigten. Auf den Hügeln und
iten fanden sich niedrigere Gräser, mit zahlreichen Farnen und
.rlichen Phanerogamen gemischt. An den Felswänden herrschten
:h wie 1886 die Farne stark vor. Sträucher waren erst spärlich
·treten und Bäume fehlten fast ganz.

Unter den bis 1897 auf der Inselgruppe aufgetretenen 53 Phanero-
nen waren, wie Penzig annimmt, 32 Arten (60,39 %) durch die
eresströmungen, 17 Arten (32,07 %) durch den Wind der Insel
;eführt worden und nur 4 (7,54 %) schienen durch Vermittlung
ı fruchtfressenden Tieren oder von Menschen auf die verödeten
eln gelangt zu sein.

Die Exkursion vom 24.—27. April 1906 in das Gebiet der Sundastrasse und nach Krakatau.

Während meines Aufenthaltes in Buitenzorg wandte ich mich
neinschaftlich mit Herrn C. A. Backer, dem Verfasser einer umfang-
:hen in Druck befindlichen „Flora von Batavia", mit der Bitte an
›fessor Treub, noch einmal einen Ausflug zum Studium der
ıkatauflora zu organisieren. In liebenswürdigster Weise ging er
·auf ein. Auf seine Verwendung hin wurde von der Regierung für
geplante Fahrt ein kleiner Küstendampfer zur Verfügung gestellt,
in jener Zeit zur Ablösung des Leuchtturmpersonals einige
stenpunkte im Gebiete der Sundastrasse zu besuchen hatte. Die
uer der Exkursion wurde auf 4 Tage und die Abreise auf den
April festgesetzt. Leider war Herr Professor Treub durch Krank-
t verhindert, an der Fahrt teilzunehmen, welche nunmehr noch zwei
itere an 's Lands Plantentuin in Buitenzorg studierende Botaniker,
Herren Dr. Pulle aus Holland und Prof. Dr. Campbell aus
lifornien. mitmachten.

I. Vegetation und Flora der Koralleninsel Edam.

Am Morgen des 24. April 1906 verliess die „Snip" („Schnepfe"),
prächtigem Wetter den Hafen von Tandjong Priok, um zwischen
ı zahlreichen kleinen Koralleninseln hindurch, welche der Nord-
stküste Javas vorgelagert sind, westwärts zu steuern. Unser
tes Ziel war die kaum 12 km entfernte Insel Edam, welche
her wie Onrust, Leyden und andere der kleinen Inseln ausser-
b des Hafens von Batavia bewohnt wurde. Heute haust auf der-
ben nur noch der europäische Aufseher des grossen Leuchtturmes

mit Familie und einigen javanischen Dienern. Die unwirtlichen Inseln mit ihren Häusertrümmern und überwachsenen Strassen sind der Herd einer gefährlichen Malaria. Ganze Schwärme von Mücken sollen nachts die Bewohner überfallen und werden auch tags über beim Durchstreifen des Dickichts lästig. Der intensive Geruch nach verwesenden Meertieren und Pflanzen, die bei der grossen Luftfeuchtigkeit fast unerträgliche Hitze lassen schon nach kurzem Aufenthalt ahnen, welch verderbliche Folgen ein längeres Verweilen auf einem dieser Eilande für den menschlichen Körper haben muss. Die Leuchtturmwächter halten es hier auch trotz relativ hoher Besoldung nicht lange aus und kehren mit ihren Familien nach 1—3 Monaten Dienst für längeren Urlaub nach Batavia, in ein gesunderes Klima zurück. Die Insel ist von weisser Brandung umgürtet; auf schmaler Einfahrt tanzt das Boot einem kleinen Steindamm entgegen, der auf dem Korallenriff zur Erleichterung der Landung aufgebaut worden ist. Während in wiederholter Fahrt die Nahrungsmittel für die wenigköpfige Inselbevölkerung, das Petroleum für die Leuchtturmlampe gelandet, Postsachen und Monatslöhne ausgeteilt werden, haben wir Zeit, die Insel zu durchstreifen. Auf einer mit hohen Gräsern überwachsenen Strasse, am kleinen Gemüsegarten und einer Kokospflanzung vorbei, gelangen wir durch verwildertes Kulturland ins Innere und an den gegenüberliegenden Strand, wo in breitem Streifen die ursprüngliche Vegetation erhalten ist.

Am Wege finden sich zahlreiche Exemplare einer grossen, baumartigen Euphorbiacee, *Phyllanthus Emblica*. Von denselben hängen wirre Strähnen und dichte Knäuel gelbgrüner und bräunlicher Fäden herab. Alle Äste und Zweige dieser Bäume sind mit einem dichten Netzwerk ähnlicher Fäden überzogen und gleiches Flechtwerk bedeckt unter den Bäumen auch die Gräser und Kräuter. Die langen Fäden sind die Stengel einer windenden Schmarotzerpflanze, *Cassytha filiformis*, die in ihrer ganzen Gestaltung auffallend an unsere einheimischen *Cuscuta*arten erinnert, obschon sie, zur Familie der *Lauraceen* gehörend, mit jener, einer *Convolvulacee*, gar nicht näher verwandt ist. Ihr Vegetationskörper setzt sich wie derjenige von *Cuscuta* aus einem verzweigten System windender Achsen zusammen, an welchen umgewandelte Adventivwurzeln als Saugfortsätze die Verbindung mit den Geweben der Wirtpflanze herstellen. Die eigenen Wurzeln sind verschwunden, die Blätter zu kleinen, unscheinbaren und funktionslos gewordenen Schuppen reduziert. Die reproduktiven Teile dagegen, Blüten und Früchte, sind reich entwickelt und sitzen in grösseren kugeligen oder länglichen Ständen beisammen. Die weissen Früchte heben sich scharf aus dem Geflecht von Wirt und

chmarotzer ab; die Vögel stellen ihnen eifrig nach und tragen durch erschleppung der Samen wesentlich zur Verbreitung dieser inteessanten Strandpflanze bei, welche ihrer parasitischen Lebensweise och nicht so vollständig angepasst ist wie Cuscuta. Sie vermag och selbstständig zu assimilieren und geht als *Omnivor* fast auf lle Pflanzen der Strandvegetation über. Im Innern der Insel findet ich ein Dickicht verschiedenartiger Bäume und Sträucher. Neben *hyllanthus Emblica* und *Phyllanthus simplex* findet sich *Acayphe indica* als weiterer Vertreter der an halophilen Arten reichen 'amilie der Euphorbiaceen, von Leguminosen *Bauhinia Blancoi* und *eucaena glauca*, deren junge Früchte und reife Samen im Archipel ls Zutat zur Reistafel genossen werden. Der Boden ist mit Kräutern, tauden und Sträuchern, vornehmlich aus den Familien der *Gräser, yperaceen, Compositen, Labiaten* und *Leguminosen* überdeckt. er uns begleitende Aufseher mahnt beim Eindringen in das Gebüsch ur Vorsicht, da hier ausser der 3 bis 4 m langen, aber ungefährlichen Riesenschlange", Python reticularis, auch einige kleinere, gefährliche Giftschlangen vorkommen.

Die Südküste der Insel ist flach und sandig. Ein breiter Streifen vird von einer niedern, fast strauchlosen Vegetation überdeckt. Die eiden Charakterpflanzen derselben sind *Spinifex squarrosus* und *pomaea pes Caprae.* Beide sind dem Leben im Strandgebiete in orzüglicher Art angepasst. Spinifex squarrosus ist ein starres, bläuich schimmerndes Gras mit Büscheln gerundeter scharf-spitziger lätter, die durch harte, im Sande verborgene Ausläufer miteinander erbunden sind. Die niedere Wachstumsform, die Verankerung der töcke im lockeren Sande durch tiefgehende Wurzeln sind Anpassungen n den häufigen und starken Winden ausgesetzten Standort.

In vorzüglicher Weise macht sich aber Spinifex diesen für die egetative Gestaltung ungünstigen Faktor zur Verbreitung der rüchte dienstbar. Die Fruchtstände sind von auffallender Grösse nd vollkommen kugelig. Die Ährchen sitzen dichtgedrängt im entrum der kopfgrossen Kugeln an der Basis langer, steifer Spindeln, ie borstenförmig nach allen Seiten ausstrahlen. Die reifen Fruchttände fallen ab und werden vom Winde wie federleichte Bälle[1]) über en Strand gerollt, bis sie an andern Pflanzen hängen bleiben oder ns Wasser geweht ein Spiel der Wellen werden. Während des Fortollens fallen einzelne Früchtchen heraus, andere aber bleiben länger

[1]) S. a. Goebel, K., Pflanzenbiologische Schilderungen, Bd. 1, 1889, pag. 135. ie eigentümliche Verbreitungsweise dieser Fruchtstände ist auch dem Javanen vohlbekannt. Die malayische Bezeichnung der Pflanze ist djoekoet lari lari, d. h. „laufendes Gras" (Miquel l. c. III. pag. 474).

mit dem Fruchtstand in Verbindung, mit dem sie durch den Wind über weite Strecken des Strandes oder durch das Wasser an andere Inseln getragen werden. Zwischen den Rasen von *Spinifex squarrosus*, der *Ipomaea pes Caprae* und *Ipomaea pes Tigridis* erheben sich einzelne Sträucher und höhere Kräuter, von denen die in zahlreichen stattlichen Exemplaren vorkommende *Tacca pinnatifida* mit ihren zwei bis vier grossen schirmförmigen Blättern und dem starken Fruchtstand am meisten auffällt.

An der Nordostküste rücken Bäume und Sträucher bis zum Wasser, ja bis in dasselbe hinein vor. Wir finden hier einen, wenn auch nicht sehr mannigfaltigen Mangrovegürtel, an kleinen Koralleninseln sonst eine nicht gar häufige Erscheinung. Er setzt sich auf Edam vornehmlich aus den Rhizophoraceen *Rhizophora conjugata*, *Brugiera gymnorhiza*, *Brugiera caryophylloides* und den Lythraceen *Sonneratia alba* und *Pemphis acidula* zusammen.

Ein grosser Teil des früher in Kultur genommenen inneren Landes der Insel ist jetzt mit Gräsern, im besonderen der mehr als mannshohen *Imperata arundinacea* bedeckt. An den Wegrändern finden sich in Menge die auf Java überall zusammen vorkommenden Verbenaceen *Stachytarpheta indica* mit blauen Blüten und *Lantana Camara*, deren Blütenstände in den verschiedensten Nüancen von Gelb und Rot schimmern, ferner zahlreiche Compositen, die, wie *Bidens pilosus*, *Vernonia cinerea* und *Wedelia glabrata* in den wärmeren Gegenden der ganzen Welt verbreitet sind oder wie *Tridax procumbens* und im besonderen *Synedrella nodiflora* aus der neuen Welt sich über die Tropen der alten Welt verbreitet haben. Die Ausbeute der kaum zweistündigen Exkursion war eine beträchtliche. Sie bestand aus 75 Phanerogamen und 2 Gefässkryptogamen. Auf dem Korallenriffe hatte ich ferner 12 verschiedene Grünalgen, vorwiegend Caulerpa-, Udotea-, Halimedaarten, ferner einige Rot- und Braunalgen sammeln können.

Da die Zusammensetzung der Flora auf den benachbarten Inseln wohl eine ähnliche sein dürfte wie auf Edam und unsere Funde ein interessantes Vergleichsmaterial mit denjenigen auf anderen Koralleninseln bieten, wie sie z. B. von Schimper [1]) und Guppy [2]) beschrieben worden sind, sei es gestattet, an dieser Stelle das Verzeichnis [3]) der Flora von Edam folgen zu lassen.

---

1) Schimper, A. F. W., Die indo-malayische Strandflora. Jena 1891, pg. 185—188.

2) Guppy, H. B., The dispersal of Plants, as illustrated by the flora of the Keeling or Cocos Islands.

3) Die von den Herren C. A. Backer und Dr. Pulle auf Edam und den andern auf unserer Krakatauexkursion besuchten Inseln und Küstenpunkten gesammelten Pflanzen sind von Herrn Backer bestimmt worden, der in gütiger Weise auch die

Angiospermae:

Fam. *Compositae:*	Bidens pilosus L.
	x Eclipta alba Hassk.
	Synedrella nodiflora Gaertn.
	Tridax procumbens L.
	Vernonia cinerea (L.) Less.
	• Wedelia glabrata B. et H.
Fam. *Goodeniaceae:*	x Scaevola Koenigii Vahl.
Fam. *Rubiaceae:*	x Guettarda speciosa L.
	x Morinda citrifolia L.
	• Oldenlandia umbellata L.
Fam. *Labiatae:*	• Anisomeles albiflora Miq.
	Leucas linifolia (Roth) Spreng.
	• Ocimum basilicum L.
Fam. *Verbenaceae:*	x Clerodendron inerme Gaertner.
	Lantana Camara L.
	x Premna foetida Reinw.
	Stachytarpheta indica Vahl.
	x Vitex Negundo L.
Fam. *Borraginaceae:*	x Cordia subcordata Lam.
Fam. *Convolvulaceae:*	Calonyction asperum Chois.
	x Ipomaea Pes Caprae Sw.
	• Ipomaea Pes Tigridis L.
Fam. *Asclepiadaceae:*	x Hoya spec.
Fam. *Myrtaceae:*	• Eugenia Jambolana Lam. (?)
Fam. *Rhizophoraceae:*	x Brugiera caryophylloides Bl.
	x Brugiera gymnorhiza Lam.
	x Rhizophora conjugata L.
Fam. *Lythraceae:*	x Pemphis acidula Forst.
	x Sonneratia alba Smith.
Fam. *Passifloraceae:*	• Passiflora foetida L.
Fam. *Sterculiaceae:*	Sterculia foetida L.
Fam. *Malvaceae:*	x Thespesia populnea Corr.
Fam. *Vitaceae:*	• Vitis trifolia L.

Revision und teilweise Bestimmung der von mir gesammelten Gefässpflanzen besorgte. Das mir von Herrn Backer übermittelte alphabetische Verzeichnis unserer Ausbeute an Phanerogamen und Gefässkryptogamen wird entweder im „Verslag van 's Lands Plantentuin te Buitenzorg" oder in den „Medeelingen uit 's Lands Plantentuin te Buitenzorg" im Druck erscheinen. Der Übersichtlichkeit halber habe ich in dieser und den folgenden Pflanzenlisten die Anordnung nach Familien getroffen und noch die Namen einiger Pflanzen eingesetzt, deren Vorkommen ich n meinen ausführlichen, an Ort und Stelle gemachten Notizen vorgemerkt habe, von denen indessen, da es sich um weitverbreitete und allgemein bekannte Pflanzen handelte, keine Belegexemplare mitgenommen worden waren.

Fam. *Rhamnaceae:*	x Colubrina asiatica Brongn.
	• Sageretia oppositifolia Brongn.
	x Zizyphus Iujuba Lam.
Fam. *Sapindaceae:*	• Allophyllus Cobbe Bl.
	Schleichera trijuga Willd.
Fam. *Anacardiaceae:*	Buchanania florida Schauer.
Fam. *Euphorbiaceae:*	• Acalyphe indica L.
	x Euphorbia Atoto Forst.
	• Phyllanthus Emblica L.
	• Phyllanthus simplex Müll. Arg.
	Ricinus communis L.
Fam. *Meliaceae:*	x Carapa moluccensis Lam.
Fam. *Leguminosae:*	x Abrus precatorius L.
	Bauhinia Blancoi Baker.
	x Canavalia obtusifolia D.C.
	• Crotolaria Saltiana Andr.
	x Desmodium triflorum D.C.
	• Indigofera tinctoria L.
	Leucaena glauca Benth.
	• Zornia diphylla Pers.
Fam. *Lauraceae:*	x Cassytha filiformis L.
	x Hernandia peltata Meisn.
Fam. *Portulacaceae:*	• Portulacca australis Endl.
	x Portulacca oleracea L.
Fam. *Aizoaceae:*	x Sesuvium portulacastrum Willd.
Fam. *Nyctaginaceae:*	x Boerhavia repanda Willd.
Fam. *Amarantaceae:*	• Aerua lanata (L.) Juss.
	x Achyranthes aspera Lam.
Fam. *Taccaceae:*	x Tacca pinnatifida Forst.
Fam. *Palmae:*	x Cocos nucifera L.
Fam. *Cyperaceae:*	x Cyperus pennatus Lam.
	• Cyperus hyalinus Vahl.
	• Fimbristylis spathacea Roth.
Fam. *Gramineae:*	Andropogon contortus L.
	Eleusine aegyptiaca Desv.
	Eragrostis tenella R. et Sch.
	Imperata arundinacea Cyr.
	Paspalum distichum L.
	Paspalum sanguinale Lamk.
	x Spinifex squarrosus L.
	x Thuarea sarmentosa Pers.
	x Zoysia pungens Willd.

Pteridophyta:

m. *Polypodiaceae:* ×Polypodium quercifolium L.
Polypodium acrostichoides Forst.
Drymoglossum spec.

Nicht weniger als 36 dieser Pflanzen (in der Liste mit × bezeichnet) d im Schimperschen Verzeichnis [1]) der indo-malayischen Strandflora typische Halophyten aufgeführt und weitere 19 Arten (in der Liste ; • bezeichnet) gehören Gattungen an, aus denen ebenfalls charak-istische Strandpflanzen bekannt sind. Für die Mehrzahl dieser anzen ist festgestellt, dass ihre Samen und Früchte leicht über das er gelangen können und durch die Meeresströmungen verbreitet rden. Für eine kleinere Zahl derselben dürfte in Anbetracht des hältnismässig kleinen Abstandes der Insel von Java auch Über-gung durch Winde stattgefunden haben. Es sind dies: *Eclipta a, Wedelia glabrata, Cyperus hyalinus, Fimbristylis spathacea, lypodium quercifolium*, oder durch Vögel: *Scaevola Koenigii, rinda citrifolia, Clerodendron inerme, Premna foetida, Vitex gundo, Allophyllus Cobbe, Cassytha filiformis.*

Ausser den zahlreichen Vertretern indo-malayischer Strandflora en sich auf Edam auch eine grössere Anzahl von Binnenland-nzen angesiedelt. Einzelne derselben, wie *Sterculia foetida, yllanthus Emblica, Phyllanthus simplex, Leucaena glauca, leichera trijuga, Ricinus communis* und *Indigofera tinctoria* d jedenfalls durch den Menschen eingeführt worden, für andere, *Synedrella nodiflora, Anisomeles albiflora, Leucas linifolia, ntana Camara* und *Stachytarpheta indica* ist teils Einschleppung ch Menschen, teils Übertragung durch Vögel möglich. Die beiden rne *Polypodium acrostichoides* und *Drymoglossum spec.*, einzelne Compositen, *Bidens pilosus, Tridax procumbens* und *Vernonia erea*, die Früchtchen der Gramineen *Andropogon contortus, usine aegyptiaca, Eragrostis tenella, Imperata arundinacea, spalum distichum* und *Paspalum sanguinale* werden durch den nd vom benachbarten javanischen Festlande herübergetragen wor-n sein. Wohl in ungefähr gleicher Art wie auf Edam dürfte sich Flora der anderen früher bewohnten Inseln vor dem Hafen Batavias typischen Strandgewächsen und eingeschleppten Binnenlandpflanzen ammensetzen, während auf den entfernteren Inseln wie denjenigen „Duizend Eilanden", von denen einige von Schimper besucht rden sind, die ganze Pflanzenwelt aus Arten der Strandformation as gebildet wird.

---

[1]) Schimper, A. F. W., l. c. pag. 100.

Ins Gebiet der tausend Inseln geht nun zunächst auch unsere Fahrt. Das Schiff steuert der 25 km entfernten Insel Pajoeng zu, die, umgeben von den Horn- und Agenieten-Eilanden, etwa 20 km von der javanischen Küste abliegt. Auf der östlichsten von drei Inseln, die von einem etwa 100 m breiten Korallenriff umzogen ist, steht wieder ein Leuchtturm mit einigen Wohngebäuden. Der Küste entlang zieht sich östlich ein niederer, ins Wasser vorgeschobener Mangrovesaum, westlich erhebt sich hinter sandigem Strande, der mit *Ipomaea*, *Spinifex* und *Vigna lutea* bewachsen ist und uns während des kurzen Aufenthaltes eine reiche Sammlung grosser und bunter Muschel- und Schneckenschalen spendet, der dunkle, von hellgrauen Casuarinen durchbrochene Barringtoniawald.

2. Am Strande von Vlakke Hoek (Sumatra).

Vor Einbruch der Nacht erreichen wir Poeloe Babi, eine grössere Insel mit bewaldeter Küste und während der Nacht trägt uns das Schiff zwischen Sebesi und Seboekoe hindurch an die sumatranische Küste. Am folgenden Morgen liegt die „Snip" schon vor Sonnenaufgang vor der Leuchtturmstation „Vlakke Hoek" an der Südspitze der westlichsten von den drei Halbinseln Südsumatras. 60 m hoch ragt der eiserne Turm aus dem dunkeln Strandwalde empor. Als am 27. August 1883 die Flut hier — 103 km von Krakatau entfernt — 15 m hoch über den flachen Strand hereinbrach, widerstand der Turm der Gewalt der Wellen; die benachbarten aus Stein und Eisen konstruierten Bauten dagegen wurden weggerissen, Balken und Eisenteile fanden sich später in grosser Entfernung im Gewirr der gestürzten Bäume.

Noch heute sind in der Vegetation von Vlakke Hoek nicht alle Spuren der vor 24 Jahren erfolgten Verwüstung verschwunden. In der Umgebung der kleinen Ansiedelung ist ein neuer Kokoswald entstanden. Ein Teil des verwüsteten Kulturlandes aber ist mit *Imperata arundinacea*, dem im Archipel weit verbreiteten Alang Alanggras bedeckt, das überall Waldschläge und verlassene Felder mit hohem Teppich überkleidet und nur langsam dem neu emporwachsenden Walde weicht.

Der Strand von Vlakke Hoek (Tandjong Rata der Eingebornen) ist flach und sandig. Östlich der Niederlassung ist dem Strande ein grosses rechteckiges Korallenriff vorgelagert, an dessen äusserm Rande sich die Wellen schäumend brechen. Die steigende Flut verhinderte leider die algologische Durchforschung des Riffes, die, nach den



Phot: A. Ernst.

Fig. 5. Driftzone an der Südostküste von Krakatau.

Im Hintergrund Strandwald (pag. 316).



Phot.: A. Ernst.

Fig. 6. Strandebene zwischen der Abbruchwand und dem Vorgebirge „Zwarte Hoek".

Im Vordergrund die langen, kriechenden Sprosse von Ipomaea pes caprae und Vigna lutea (pag. 324).



interessanten Funden am Strande zu schliessen, offenbar eine reiche Ausbeute geliefert hätte.

Mangrove fehlt in der Umgebung von Tandjong Kata. Spinifex- und Barringtoniaformation wechseln mit einander ab. Vielerorts eilen die Flutwellen über den feinen Sand bis zum halb frei gelegten Wurzelwerk der äussersten Bäume des Strandwaldes empor. Wo der Wald sich weiter von der Küste entfernt, sind grössere und kleinere Flächen mit *Spinifex squarrosus*, *Ipomaea pes caprae* überdeckt, finden sich Sträucher von *Hibiscus tiliaceus*, *Hernandia peltata*, *Colubrina asiatica*, schimmern die graugrünen Blätter von *Tournefortia argentea*. Unter den niedern Bäumen und Sträuchern der Leguminosen *Desmodium umbellatum*, *Pongamia glabra*, *Sophora tomentosa* finden sich das schön blühende Gras *Thuarea sarmentosa*; ferner die Gräser, *Zoysia pungens* und *Oplismenus compositus*, die Cyperacee *Fimbristylis spathacea*, einige Farne mit einfach gefiederten Blättern, *Nephrolepis hirsutula* und grosse Büsche von *Acrostichum aureum*. *Cassytha filiformis* schmarotzt auch hier auf verschiedenen Kräutern und Sträuchern. Weiterhin finden sich zahlreich *Scaevola Koenigii*, eine *Goodeniacee* mit Büscheln fleischig-saftiger, hellgrüner Blätter an den Enden der langen Zweige und regelmässig aufgebaute jüngere Exemplare von *Terminalia Katappa* in dichtem Bestande. Einen seltsamen Anblick bieten einige Gruppen von *Barringtonia speciosa*. Zahlreiche Bäume liegen halb entwurzelt mit dem Stamm auf der Erde, die Krone halb aufgerichtet. Es sind Veteranen, welche die Flutwelle von 1883 gefällt hat und die sich inmitten des jungen Nachwuchses erhalten haben. Ihre mächtigen Stämme und Äste sind mit einem dichten Kleide kleiner Epiphyten, Flechten, Leber- und Laubmoose bedeckt, während den andern Strandpflanzen Epiphyten noch völlig fehlen. In den Lichtungen finden sich Büsche von *Crinum asiaticum*, einer stattlichen Amaryllidacee mit langen Blättern und zahlreichen weissen Blüten. In phantastischer Gestalt stehen am Strande einige hohe *Pandanus* mit dichten Schöpfen scharf und spitz bewehrter Blätter. Die nach unten spitz kegelförmig endigenden Stämme werden durch Pfeilerwurzeln gestützt, die 1—2 m über dem Boden am Stamme entspringen und schief auswärts dem Boden zustreben. Einige jüngere von diesen 1—5 cm dicken Adventivwurzeln haben den Erdboden noch nicht erreicht. Ihr Gewebe ist ausserordentlich weich und wasserreich (peripherische Korkschichten verhindern eine allzustarke Wasserverdunstung) und die stumpf kegelförmige Vegetationsspitze ist von einer gewaltigen, aus zahlreichen häutigen Schichten bestehenden Wurzelhaube gegen Austrocknung und Beschädigung geschützt.

Zwei Stunden nur waren uns zur Durchstreifung der Umgebung des Leuchtturmes vergönnt. Schon um 9 Uhr kehrten wir mit unserer Ausbeute zu dem harrenden Boot zurück. Ich lasse das Verzeichnis der gesammelten Gefässpflanzen (38 Phanerogamen, 4 Farne) hier folgen:

Fam. *Compositae:*	• Wedelia glabrata B. et H.
Fam. *Goodeniaceae:*	× Scaevola Koenigii Vahl.
Fam. *Rubiaceae:*	× Guettarda speciosa L.
	• Ixora paludosa Boerlage.
Fam. *Acanthaceae:*	• Eranthemum diversifolium Miq.
Fam. *Verbenaceae:*	Lantana Camara L.
	× Premna foetida Reinw.
	Stachytarpheta indica Vahl.
Fam. *Borraginaceae.*	× Tournefortia argentea L.
Fam. *Convolvulaceae:*	× Ipomaea pes caprae Sweet.
Fam. *Myrtaceae:*	× Barringtonia speciosa Forst.
	• Eugenia formosa Wall.
Fam. *Combretaceae:*	× Terminalia Catappa L.
Fam. *Guttiferae:*	× Calophyllum Inophyllum L.
Fam. *Sterculiaceae:*	• Pterospermum acerifolium Willd.
Fam. *Malvaceae:*	× Hibiscus tiliaceus L.
Fam. *Vitaceae:*	• Vitis lanceolaris Wall.
Fam. *Rhamnaceae:*	× Colubrina asiatica Brongn.
Fam. *Sapindaceae:*	• Allophyllus Cobbe Bl.
	Aphania montana Bl.
	× Dodonaea viscosa L.
Fam. *Leguminosae:*	• Crotalaria Saltiana Andr.
	× Desmodium umbellatum DC.
	× Pongamia glabra Vent.
	× Sophora tomentosa L.
Fam. *Lauraceae:*	× Cassytha filiformis L.
	× Hernandia peltata Meisn.
Fam. *Moraceae:*	• Ficus Leucantatoma Poir.
Fam. *Casuarinaceae:*	× Casuarina equisetifolia Forst.
Fam. *Amaryllidaceae:*	× Crinum asiaticum L.
Fam. *Flagellariaceae:*	× Flagellaria indica L.
Fam. *Cyperaceae:*	• Fimbristylis spathacea Roth.
Fam. *Gramineae:*	Imperata arundinacea Cyrill.
	Oplismenus compositus Beauv.
	× Spinifex squarrosus L.
	× Thuarea sarmentosa Pers.
	× Zoysia pungens Willd.

Pandanaceae: ● Pandanus spec.
Polypodiaceae: x Acrostichum aureum L.
Asplenum nidus L.
Nephrolepis hirsutula. Presl.
Lygodium dichotomum Swartz.

Die Flora von Tandjong Rata setzt sich also, wie aus dem vor- nden Verzeichnis hervorgeht, vorwiegend aus typischen Halo- ›n zusammen. Nicht weniger als 22 der 38 Phanerogamen finden in dem Schimperschen Verzeichnis der indo-malayischen Strand- zen wieder, und für 11 weitere Arten, welche ebenfalls Gattungen hören, die unter ihren Arten indo-malayische Strandpflanzen n, dürfte die Zugehörigkeit zur Strandflora wahrscheinlich sein. 8 der aufgeführten Gefässpflanzen, darunter 3 Farne, haben ihr tverbreitungsgebiet im Binnenlande.

Die epiphytische Flora der alten Barringtoniastämme von Vlakke weist nachfolgende **Moose** und **Flechten**[1]) auf:

ci: Trichosteleum hamatum Dz. et Mb.
Calymperes Hampei Dz. et Mb.
Hyophila Micholitzii Broth.
jermanniaceae akrogynae:
Cheilolejeunea parvula Schiffn. n. sp.
Microlejeunia cucullata (Reinw., Bl. et Nees) St.
Acrolejeunia integribractea Schiffn.
Lopholejeunia spec.
enes: Parmelia perforata Ach.
Parmelia relicina Fr.
Physcia spec.

3. In der Sundastrasse; Winde und Meeresströmungen.

Gleichen Tages noch sollten wir Gelegenheit bekommen, an einem so selten betretenen Punkte der javanischen Küste zu botani- n. Die „Snip“ ging, die Sundastrasse in ihrem breiteren westlichen durchquerend, hinüber nach dem westlichsten Vorsprung von , „Javas eerste Punt“. Bei starkem Winde und hohem Wellengang diese Fahrt auf einem Schiffe von nur 300 Tonnen ein recht

[1]) Die Bestimmung der von mir auf der Krakatau-Exkursion gesammelten ɔgamen ist in liebenswürdiger Weise von den Herren Prof. Dr. V. F. Brotherus moose), Prof. Dr. V. Schiffner (Lebermoose), Prof. Dr. A. Zahlbruckner ten), Prof. Dr. P. Lindau (Pilze) und Dr. F. de Kruyff (Bakterien) besorgt n. Ich spreche den genannten Herren auch an dieser Stelle für ihre Be- ngen meinen besten Dank aus.

zweifelhaftes Vergnügen, das die Seetüchtigkeit der Passagiere auf eine harte Probe stellte. Glücklicherweise blieb der Himmel teilweise bedeckt und die Temperatur erträglich. In der Nacht war sie auf 27° C gesunken und betrug auch zur Mittagsstunde nur 29½° C im Schatten. Immerhin fiel die Präparation der gesammelten Algen, das Einlegen der Pflanzen auf dem schmalen Deck des aufwärts und abwärts, nach links und rechts schaukelnden Schiffes recht beschwerlich. Selbst mein weitgereister und fleissiger Diener Sahib fand auf einmal die gewohnte Beschäftigung nicht mehr „enak“ (schmackhaft) und wir folgten dem Beispiel der anderen, die schon längst auf Stühlen und Bänken ausgestreckt dem nachteiligen Einfluss des „Slingerens und Trampelens“ des Schiffes mit mehr oder weniger Erfolg zu entgehen suchten.

Wir sind hier (die Krakataugruppe liegt ungefähr 105° 25′ ö. L. und 6° 10′ s. Br.) inmitten des äquatorialen Streifens der Monsunbewegungen in Luft und Wasser. Es weht ein starker Südostmonsun, der uns die Wellen gerade entgegentreibt. Während das Schiff gegen Wind und Wellen ankämpfend dem nächsten Ziele zusteuert, erteilt mir der Kapitän, Herr Nix, der mit seinem kleinen Küstendampfer seit Jahren jeden Monat 3 Fahrten im Gebiete der Sundasee ausführt und dabei 21 Leuchtturmstationen an der Nordküste Javas und den benachbarten Küsten Sumatras und Borneos besucht, bereitwilligst Auskunft über Winde und Strömungen im Javameer und im besonderen in der Sundastrasse. Die nachfolgenden Ausführungen über die Luft- und Wasserströmungen, die ja für die Besiedelungsgeschichte der Krakatauinseln von allergrösster Bedeutung sind, beruhen zum Teil auf diesen Mitteilungen von Herrn Nix, sind aber wesentlich ergänzt und erweitert nach den Angaben des Segelhandbuches der deutschen Seewarte[1]) und anderen Quellen[2]).

Der Südostmonsun setzt im weiteren Gebiete der Sundastrasse, an der Nord- und Südküste Javas und im Süden Sumatras während des Monats April ein, tritt aber erst im Mai als vorherrschender Wind auf und ist in den Monaten Juni bis September am kräftigsten. Seine Richtung bleibt während dieser Zeit nicht fortwährend dieselbe, sie bewegt sich vorwiegend zwischen Südsüdost und Ost. Durch die hohen, steilen Küsten von Java, welche namentlich im Nordwesten

---

[1]) Neumayer, G., (Direktion der deutschen Seewarte) Segelhandbuch für den indischen Ozean. Hamburg 1892.

[2]) Neumayer, G., Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. III. Aufl. 1906.

Hann, J., Handbuch der Klimatologie. II. Bd. Stuttgart 1897.

Boguslawski, G. v., und Krümmel, O., Handbuch der Ozeanographie. I. Bd. 1884. II. Bd. 1898.

nahe an Sumatra herantreten und die Sundastrasse stark einengen, wird der Südostmonsun oftmals von der Strasse und Sumatra abgehalten und an seine Stelle tritt dann ein westlicher oder südwestlicher Seewind. Der Südostmonsun bringt die schöne Jahreszeit mit vorwiegend trockenem Wetter und verhältnismässig leichtem Wind. Zur Zeit seiner unbeschränkten Herrschaft, namentlich im Juli und August, beträgt der mittlere Stärkegrad der Winde 3 Grad Beaufort (5,5 m per Sekunde); heftigere Winde mit 6 bis 7 Grad Beaufort (13,5 bis 16,5 m per Sekunde) sind wohl im Gebiete der Sundastrasse wie in den mehr nördlich gelegenen Gebieten, auf welche sich die Angaben der nachfolgenden Tabelle[1]) beziehen, selten.

Häufigkeit der verschiedenen Windstärken (Beaufort) im Gebiete der Javasee.

Breite	Länge	Grade der 10teiligen Beaufort-Skala											Mittel aus den Beobachtungen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Zahl der Beobachtungen	Windstärke Mittel
Süd	Ost	Januar und Februar												
0—3° s. Br.	106—110[1])	0	0	6	14	10	4						34	3,4
3—7° s. Br.	107—119[2])	6	6	15	31	8	7	5	2				80	3,0
		Juli und August												
0—3° s. Br.	106—110	10	0	16	27	21	3	0	1				78	2,8
3—7° s. Br.	107—119	15	7	15	38	31	13	1					120	3,0

[1]) Karimatastrasse zwischen der Westküste von Borneo und der Ostküste von Billiton.

[2]) Javasee nördlich der Sundastrasse.

In der Zeit zwischen September und November vollzieht sich der Monsunwechsel. Er wird eingeleitet durch das Eintreten von südlichen und westlichen Winden. Die Zeit des typischen Nordwest-

[1]) Segelhandbuch für den indischen Ozean. pag. 56. Die am meisten in Gebrauch stehenden Windstärke-Skalen sind die zwölfteilige Beaufortsche Skala [0 = Windstille, 12 = Orkan] und die davon abgeleiteten sechs- und zehnteiligen Skalen. Nach neuesten Untersuchungen (s. Hann, J., Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1901, pag. 376/77) entsprechen den nach zwölfteiliger Beaufort-Skala geschätzten Windstärken im Mittel folgende Windgeschwindigkeiten:

Beaufort-Stärke nach Schätzung:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Geschwindigkeitsmittel m per Sek. (n. Köppen):	1,7	3,1	4,8	6,7	8,8	10,7	12,9	15,4	18,0	21,0	26	40—50.

Bei Reduktion auf die oben angewendete zehnteilige Skala:

Geschätzte Stärke (0—10 Beaufort):	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m per Sekunde:	2	3,5	5,5	8	10,5	13,5	16,5	22,5	28	30 u. m.

Prozentuale Häufigkeit der Winde im Gebiete der Sundastrasse.
(0—10° s. Br. und 100—105 ö. L.

Monat	Breiten	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Windstille und leichte Winde	Anzahl der Beobachtungen
Januar	0°— 5° S.	20	4	4	—	—	—	—	—	—	8	8	—	4	20	16	16	61	65
	5°—10° S.	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16	24	15	22	17	5	57
Febr.	0°— 5° S.	2	2	—	—	—	—	2	—	—	—	3	3	3	20	52	13	40	70
	5°—10° S.	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	2	11	36	19	24	4	38	86
März	0°— 5° S.	11	3	1	1	1	—	—	—	3	1	3	6	16	21	20	13	39	316
	5°—10° S.	2	1	5	9	11	5	5	—	—	2	10	4	9	17	14	6	67	368
April	0°— 5° S.	2	—	—	3	—	2	2	—	2	2	13	18	12	22	7	15	73	251
	5°—10° S.	4	6	4	8	20	5	1	2	3	1	7	5	3	17	10	4	51	482
Mai	0°— 5° S.	—	—	1	4	15	11	17	2	25	9	4	2	6	2	1	1	70	414
	5°—10° S.	—	—	2	6	18	15	20	4	4	3	4	5	1	2	15	1	67	483
Juni	0°— 5° S.	—	—	—	5	3	10	37	11	5	10	6	1	7	3	2	0	61	290
	5°—10° S.	2	1	7	8	25	13	16	2	3	2	6	2	4	4	3	2	59	718
Juli	0°— 5° S.	—	1	—	2	26	19	27	11	8	2	2	1	—	—	—	—	43	453
	5°—10° S.	2	1	1	8	19	25	12	3	4	5	1	2	5	4	6	2	56	751
August	0°— 5° S.	—	—	2	4	20	22	29	8	4	8	—	1	1	1	—	—	46	273
	5°—10° S.	1	2	3	2	16	30	21	7	5	4	7	—	—	—	2	—	47	486
Septbr.	0°— 5° S.	—	—	—	2	16	23	24	6	14	5	8	—	2	—	—	—	45	366
	5°—10° S.	—	1	1	3	34	26	17	3	6	2	4	1	1	—	1	—	48	416
Oktbr.	0°— 5° S.	2	—	—	6	18	11	31	6	10	9	4	—	2	—	1	—	64	276
	5°—10° S.	—	—	—	3	14	30	35	2	7	7	2	—	—	—	—	—	35	224
Novbr.	0°— 5° S.																		
	5°—10° S.	2	2	2	4	22	23	6	15	1	6	4	—	3	3	3	4	37	108
Dezbr.	0°— 5° S.																		
	5°—10° S.	—	—	—	—	21	32	—	5	—	—	—	5	11	—	26	—	48	54

(Die halbfetten Ziffern der Windzahlen in obenstehender Tabelle zeigen an, dass mehr als 1/6 (17%), die unterstrichenen, dass mehr als 1/3 (33%) aller Winde auf einen Strich kommen.)
(Aus dem Segelhandbuch für den indischen Ozean, pag. 556.)

Monsuns (des nach Überschreitung des Äquators durch die Erdrotation nach links gedrehten Nordostmonsuns) beginnt im November und dauert bis März. Er bringt schlechtes Wetter, die Regenmenge nimmt zu und erreicht im Januar und Februar ihr Maximum. Die Richtung der Winde (Tab. pag. 310) ändert zwischen West und Nordnordwest. Seine gewöhnliche Stärke ist ungefähr dieselbe wie diejenige des Südost-Monsuns, ± 3 Beaufort. In den Angaben der Schiffsbücher sind gewöhnlich die Stärkegrade 1—3, seltener für mehrere Tage 5—6 und nur vereinzelt auch 7 notiert (siehe obige Tabelle). Ende März oder im April findet wieder Monsunwechsel statt. Eine vorherrschende Windrichtung (Tabelle pag. 310) existiert während dieser Zeit nicht; unregelmässig aus allen Himmelsgegenden wehende Winde werden durch Windstillen, Fallwinde und Wirbelstürme unterbrochen. Während allen Jahreszeiten kann auch ein täglicher Wechsel der Windrichtung stattfinden und zwar so, dass der Wind am Vormittage von Süden, am Nachmittage von Norden weht; dazwischen liegt eine kurze Periode der Windstille.

Ausser den Monsunwinden sind auch Stürme, deren untere Geschwindigkeitsgrenze 17 bis 23 m per Sekunde beträgt, nicht selten. Bei Orkanen soll die Windgeschwindigkeit auf 30 bis 60 m ansteigen. Von kürzerer Dauer und kleinem Ausdehnungsgebiete sind die Boën, Stosswinde, die an den gebirgigen Küsten von Südostsumatra und Westjava, wie in den übrigen Teilen des indischen Ozeans namentlich zur Zeit des Monsunwechsels, in grösster Zahl im Februar bis April auftreten.

Die Strömungen des Wassers in der Sundastrasse sind von den Winden abhängig, tragen aber zugleich den Charakter von Gezeitenströmungen. Die Stromrichtung wechselt täglich und zwar findet innerhalb 24 Stunden nur ein Gezeitenwechsel statt, wobei der nördliche Strom Hochwasser, der südliche Niederwasser bringt. Der Einfluss der vorherrschenden Winde äussert sich im allgemeinen dahin, dass zur Zeit des Südostmonsuns der nach Südsüdwest gerichtete Ebbestrom, während der Herrschaft des Westmonsuns dagegen der nach Nordnordost gehende Flutstrom sowohl an Dauer wie an Stärke erheblich überwiegt.

Im Ostmonsun, von Mai bis Oktober, läuft der Strom ungefähr 18 Stunden ununterbrochen stark nach Südwest, während der übrigen 6 Stunden schwach nach Nordost, oder es ist Stillwasser. Umgekehrt setzt in den Monaten des Westmonsuns, Dezember bis Februar, der Strom ungefähr 18 Stunden lang stark nach Nordost ein und nur für 6 Stunden schwach nach Südwest. Die Unterbrechungen des vorherrschenden Stromes durch Ströme entgegengesetzter Richtung

oder Stillwasser finden bei Tage statt; die Nacht gehört dem jeweils vorherrschenden Strom, der namentlich zur Zeit des Neu- und Vollmondes seine grösste Stärke erreicht, zur Zeit der Mondsviertel dagegen am schwächsten ist. In den Übergangsmonaten November. März und April und auch zu anderen Zeiten, wenn die Windverhältnisse nicht stark ausgeprägt sind, sind die Unterschiede in Dauer und Stärke der beiden Ströme mehr ausgeglichen.

Die Gesamtrichtung der Ströme ist Nordosten und Südwesten, im übrigen je nach der Örtlichkeit verschieden, da sie sich stark dem Verlauf der Küste anpasst. Sie ist im nördlichen Eingang der Strasse unter der Sumatraküste zwischen Nordinsel und Strom-Rock (Stroomklip), sowie unter der Javaküste zwischen drittem und viertem Punkt (derde punt und vierde punt) Nordnordost und Südsüdwest; zwischen Krakatau und der Prinzeninsel (Prinsen Eiland) Ostnordost und Westsüdwest, zwischen Seboekoe und Hogspitze (Varkens Hoek) Ostsüdost und Westnordwest. Im ganzen geht die Strömung in der Sundastrasse das Jahr hindurch viel mehr in südwestlicher als in nordöstlicher Richtung. Im Ostmonsun ist das Überwiegen des Südweststromes gegen den Nordoststrom nicht selten so stark, dass bei den zugleich vorherrschenden leichten Winden dieser Jahreszeit nordwärts fahrende Segelschiffe tagelang am Weiterkommen verhindert sind oder sogar wieder zurück und zur Strasse hinausgetrieben werden (Segelhandbuch pag. 567).

Mit grösster Stärke tritt der Strom im nördlichen Eingang der Strasse auf, wo seine Geschwindigkeit oftmals über 5 km per Stunde beträgt. Auch im grossen Kanal, zwischen Krakatau und der Prinzen-Insel, ist eine Geschwindigkeit von 3 bis 4 km nicht selten, beträgt aber im Mittel wohl nur 1½ bis 2 km. Erheblich schwächer ist der Strom, wenigstens der in der Richtung nach Südwesten gehende, im Prinzenkanal und unter der Javaküste vom zweiten bis zum vierten Punkt.

4. An der Südwestküste Javas: „Javas erster Punkt“.

Etwa drei Stunden nach der Abfahrt von Vlakke Hoek sind wir inmitten der Sundastrasse; östlich wird, mit dem Gipfel in die schweren Wolken hinaufragend, Krakatau sichtbar. Unser nächstes Ziel liegt aber noch weiter südlich. Um 3 Uhr taucht vor uns die Küste von Java und derselben vorgelagert Prinsen Eiland auf. Bald sind wir in dem ruhigen Fahrwasser hinter der Prinzeninsel und fahren in die stille Bucht ein, welche von der javanischen Küste und der kleinen Möveninsel, „Meeuwen Eiland“, umschlossen wird. Ein prächtiger Blick eröffnet sich uns auf das waldige Hügelland und den



Phot.: A. Ernst.

ig. 7. Junge Kokospalme am obern Rande der Flutzone (Südostküste von Krakatau).
Links Ipomaea pes caprae, rechts Strauch mit Cassytha filiformis.



Phot.: A. Ernst.

Fig. 8. Pandanus am Strande (Ostküste von Krakatau).
Rechts im Bilde Saccharum spontaneum; im Hintergrund links Casuarinenwald (pag. 320).

470 m hohen Vulkankegel des Goenong Pajoeng. Vor uns erhebt sich aus dem dunkelgrünen Waldsaume auf 40 m hohem, felsigem Vorgebirge der gemauerte, auch am Tage weithin sichtbare Leuchtturm. Etwas weiter links steht einsam am Strande ein kleines Gebäude, ein Lagerhaus und daneben die Ruine eines grossen, weit ins Wasser vorgebauten Schutzhauses. Gegen dieses Mauerwerk hin führt uns das Boot durch die Riffbrandung gegen 4 Uhr nachmittags an den Strand. Bis Sonnenuntergang ist uns am Strande zu sammeln gestattet. Vorsorglich hat uns der Kapitän aus der Waffenkammer des Schiffes mit Gewehr und Munition ausgerüstet, denn Tiger und Rhinoceros sind in diesen abgelegensten Teilen von Westjava noch sehr häufig. Durch eifriges Knallen suchen wir uns die Bahn in den dunkeln Strandwald und das angrenzende Grasdickicht zum voraus zu sichern. Am Landungsplatze dehnen sich Rasen von *Ipomaea pes caprae*, blühen grosse Büsche von *Hibiscus tiliaceus, Scaevola Koenigii, Tournefortia argentea.* Unter mächtigen Exemplaren von *Calophyllum* wachsen *Ischaemum muticum, Euphorbia Atoto,* von Compositen *Wedelia glabrata, Ageratum conyzoides* u. a. An den Stämmen von Calophyllum rankt sich die dickblätterige *Hoya* empor. Stämmen und Ästen schmiegen sich die breiten Rhizome von Polypodium quercifolium an, Blätter von zweierlei Gestalt tragend. Es wechseln Nischenblätter von der Gestalt riesiger Eichenblätter mit einfach gefiederten, sporentragenden Laubblättern ab. In grosser Zahl und vielfach dicht zusammengedrängt sitzen an älteren Rhizomteilen noch die ausgetrockneten und gebräunten Skelette der humussammelnden Nischenblätter, während gewöhnliche Laubblätter vielfach nur an den jüngsten Teilen des Rhizomes vorkommen. Stacheliger Rotang und niedriger Pandanus erschweren das Eindringen ins Innere, wo *Saccharum spontaneum,* verschiedene *Cyperaceen, Farne* den Boden überkleiden, Schling- und Kletterpflanzen Baumstämme und auch die grossen Korallenblöcke schmücken, welche 1883 die Flut mehrere hundert Meter weit landeinwärts mitgerissen hat. Hier finden wir als Epiphyt und Bodenbewohner *Nephrolepis exaltata*, die Pflanzen des Unterholzes überziehend einen andern zierlichen Farn, *Lygodium dichotomum,* mit tief fingerlappig geteilten Endfiedern der Blätter. Durch Blütenpracht lenken *Aerides odorata* und eine Zingiberacee, *Costus speciosus,* die Aufmerksamkeit auf sich. Wir bringen 36 Gefässpflanzen (32 Phanerogamen und 4 Farne) zum Schiffe zurück. Sie sind in nachfolgender Liste aufgeführt:

Fam. *Compositae:* Ageratum conyzoides L.
• Blumea balsamifera D.C.

Fam. *Compositae:*	Vernonia cinerea Less.
	• Wedelia glabrata B. et H.
Fam. *Goodeniaceae:*	x Scaevola Koenigii Vahl.
Fam. *Rubiaceae:*	Sarcocephalus cordatus (Roxb.) Miq.
Fam. *Verbenaceae:*	Gmelina villosa Roxb.
	x Vitex pubescens Vahl.
	• Vitex Negundo L.
Fam. *Borraginaceae:*	x Tournefortia argentea L.
Fam. *Convolvulaceae:*	x Ipomaea pes caprae Sw.
Fam. *Asclepiadaceae:*	• Hoya spec.
Fam. *Apocynaceae:*	x Cerbera Odollam Gaertn.
Fam. *Lythraceae:*	Lagerstroemia speciosa Pers.
Fam. *Guttiferae:*	x Calophyllum Inophyllum L.
Fam. *Dilleniaceae:*	• Tetracera Assa D.C.
Fam. *Malvaceae:*	x Hibiscus tiliaceus L.
Fam. *Vitaceae:*	Leea sambucina Willd.
	• Vitis arachnoidea Backer.
Fam. *Euphorbiaceae:*	x Euphorbia Atoto Forst.
Fam. *Leguminosae:*	x Desmodium umbellatum D.C.
	x Sophora tomentosa L.
Fam. *Orchidaceae:*	Aerides odoratum Lour.
Fam. *Zingiberaceae:*	Costus speciosus Smith.
Fam. *Amaryllidaceae:*	x Crinum asiaticum L.
Fam. *Liliaceae:*	Smilax spec.
Fam. *Cyperaceae:*	x Cyperus brevifolius Valck. Sur.
	x Cyperus cyperinus Valck. Sur.
	Cyperus umbellatus Benth. (Mariscus umbellatus Vahl).
Fam. *Gramineae:*	x Ischaemum muticum L.
	Saccharum spontaneum L.
Fam. *Pandanaceae:*	• Pandanus spec.
Fam. *Schizaeaceae:*	Lygodium dichotomum Swartz.
Fam. *Polypodiaceae:*	Nephrolepis exaltata Schott.
	• Polypodium quercifolium L.
	Pteris longifolia L.

Die Flora in der Umgebung von „Javas eerste Punt" zeigt also eine wesentlich andere Zusammensetzung als in Tandjong Rata (Sumatra) oder auf Edam. Die 36 Arten gehören nicht weniger als 24 verschiedenen Familien an. Besonders auffallend ist hier aber das starke Zurücktreten der typischen Strandpflanzen. Während auf Edam die Halophyten 46 %, mit Einbezug der mit • bezeichneten

Arten 72 %, in Vlakke Hoek 57 % resp. 83 % der Gesamtzahl ausmachen, gehören von den hier gefundenen 36 Pflanzen nur 14 (39 %) resp. 21 (58 %) der indomalayischen Strandvegetation an. Indessen sind auch die 15 anderen Arten fast durchweg solche mit weiten Verbreitungsgebieten. Die Compositen *Ageratum conyzoides* und *Vernonia cinerea* bewohnen die wärmeren Gegenden der ganzen Welt, *Sarcocephalus cordatus, Lagerstroemia speciosa, Tetracera Assa, Leea sambucina* sind von Vorderindien bis Südchina, über den malayischen Archipel bis zu den Philippinen und nach Australien verbreitet, und ebenso erstreckt sich das Vorkommen von *Aerides odoratum, Saccharum spontaneum, Cyperus umbellatus* weit über Java und Sumatra hinaus. Nicht zu verwundern ist es also, dass wir nicht weniger als 6 dieser 15 Binnenlandpflanzen, deren weite Verbreitung offenbar auf ihrer Ausrüstung mit leicht transportabeln Samen oder Früchten beruht, später auch auf Krakatau angetroffen haben.

Um 6 Uhr führt uns das Boot zum Schiffe zurück; eben taucht die Sonne hinter dem Leuchtturm unter. Der Himmel ist noch von roten Wolken bedeckt und leuchtet in prächtigen Farben, finster umschliesst der Wald die stille Bucht. Das Nachtleben des Waldes erwacht, Fledermäuse in allen Grössen flattern durch die Luft, lautlos, mit langsamem Flügelschlag, zieht der fliegende Hund (Kalong), nach einem Fruchtbaume suchend, über die Bucht dahin. Aus dem Walde erschallt das Gekreisch lärmender Affen, während im Alang Alangdickichte schon die Wildschweine tätig sind, und Königstiger, Panter und Wildkatze aus dem Tagesversteck herausschleichen und zur nächtlichen Beutefahrt sich anschicken.

Bis Mitternacht bleibt die „Snip“ bei Javas 1. Punkt vor Anker. Wir benutzen den ersten Teil der willkommenen Ruhezeit zur Präparation und zum Einlegen der gesammelten Pflanzenschätze und strecken uns nachher in den Liegestühlen auf Deck zur wohlverdienten Ruhe aus. Sie wird nur zu früh unterbrochen, als das Schiff aus der geschützten Bucht und der Strasse zwischen Prinsen Eiland und Java wieder in die offene Sundastrasse hinaussteuert, das Schaukeln von neuem beginnt und neugierige Wellen, ihren Weg über Deck suchend, die Schläfer zu eiligem Rückzuge in die engen und schwülen Kabinen zwingen.

5. Auf Krakatau und Verlaten Eiland.

In der Morgendämmerung des 26. April nähert sich unser Schiff in langsamer Fahrt der Krakataugruppe. Vor uns erhebt sich in geringer Entfernung das Ziel unserer Reise, Krakatau mit seiner charakteristischen Vulkangestalt. Deutlich ist die durch die Spitze

gehende, senkrecht zum Meere abstürzende Bruchfläche zu erkennen. Nach Südosten senkt sich der halbierte Kegelberg steil gegen einen flacheren Fuss mit vorgelagerter kleiner Strandebene. Rechts von Krakatau ist Lang Eiland, zwischen beiden Inseln hindurch Verlaten Eiland sichtbar. Weiter rechts, in nordöstlicher Richtung trifft der Blick die hohen bewaldeten Inseln Sebesi und Seboekoe, die Berge Sumatras, nach Südosten die javanische Küste.

Mit steigender Verwunderung gewahren wir bei der Annäherung an die Ostküste von Krakatau die erstaunlichen Fortschritte der Vegetation. Fast die ganze Südostseite, vom Strande bis an den Gipfel und den Rand des steilen Abhanges ist mit Grün überdeckt. An der Südostküste, wo wir zuerst zu landen gedenken, läuft dem Strande parallel ein Waldgürtel, in welchem sich aus der Ferne schon die zahlreichen graugrünen Casuarinen erkennen lassen. Weiter südlich erheben sich neben schlanken Laubbäumen mit quirlig gestellten Ästen die dunkeln Wedel einiger Kokospalmen. Auch auf der langsam zum Fusse des Kegelberges ansteigenden Ebene sind vereinzelte Bäume und Sträucher sichtbar. In einigen Schluchten auf halber Höhe des Berges vereinigen sie sich wieder zu waldartigen Beständen und weitere isolierte Bäume und Sträucher sind auch an den obersten Abhängen und auf dem Gipfel zu erkennen.

Um 6 Uhr fällt der Anker und das Boot trägt uns ungeduldig Wartende über die noch immer mit Bimssteinen überdeckte Wasserfläche an den flachen Strand. Hier (Fig. 5 Tafel XVI), am oberen Rande der von der Flut überspülten Zone, untersuchen wir zunächst, was die Wellen dem öden Strande seit Jahr und Tag zuführen. Im Gewirr von Baumstämmen und zerbrochenem Astwerk, welches den Strand bedeckt, liegen auf dem lockeren Bimssteinboden, in dem man Schritt für Schritt bis über die Knöchel einsinkt, grosse und kleine Korallenstöcke, braune Tange, zerbrochene Muscheln und Schneckenschalen, grüne Algenballen. In grosser Zahl und bunter Mannigfaltigkeit sind den Auswürfen des Meeres auch Früchte und Samen von Landpflanzen beigemischt. Viele lassen deutlich die Spuren einer langen, bewegten Reise erkennen, ihre Schalen sind bis zur Unkenntlichkeit zerfetzt oder gänzlich abgerieben. Andere aber sind völlig frisch, wie eben vom Baume gefallen. Nicht wenige dieser Früchte sind schon in Keimung begriffen und haben sich mit langer Pfahlwurzel im Substrate verankert; andere dagegen sind von Tieren siebartig durchbohrt oder völlig ausgehöhlt, so besonders die grössten der Driftfrüchte, die Kokosnüsse. Zahlreich finden wir hier die eiförmigen, bis 1 dm langen Steinfrüchte von *Cerbera Odollam*, an welchen gewöhnlich die äussere Schale fehlt und ein inneres, von zähen Fasern

durchzogenes, lockeres Gewebe, das Schwimmgewebe, blossgelegt ist. Häufig sind ferner die schwarzbraunen, gerippten Früchte einer Strandpalme, *Nipa fruticans*, die unregelmässig eckigen Samen aus der kopfgrossen, goldgelben Frucht von *Carapa*, einzelne Früchte und Teile des Fruchtstandes von *Pandanus*, die grossen, vierkantigen Früchte von *Barringtonia speciosa*, die flachen, bootförmigen Steinkerne von *Terminalia Katappa*, kugelige Früchte von *Calophyllum*, die steinfruchtartigen Samen von *Cycas* und zahlreiche weitere kleine und grosse Früchte und Samen. Fast dieselben Früchte und Samen hatten wir an den Tagen zuvor am Strande der Koralleninseln Edam und Pajoeng im Javameer, an den besuchten Punkten der javanischen und sumatranischen Küste gesammelt. Sie stammen alle von Strandpflanzen, deren Verbreitung sich nicht auf die Küsten Javas und Sumatras und die zahlreichen Inseln der Javasee, auch nicht auf den malayischen Archipel beschränkt, sondern sich vielfach von Afrika bis Neu-Guinea, für einzelne sogar über den ganzen Tropengürtel erstreckt. Es sind dieselben, welche auch die ersten Besiedler der jungen Korallenriffe und -Inseln liefern. Luftführende Hohlräume in Frucht- oder Samenschale, besondere voluminöse, aber leichte Schwimmgewebe bedingen ihr geringes spezifisches Gewicht und verleihen ihnen Schwimmfähigkeit, während der Keimling durch eine innere harte und undurchdringliche Schale vor der schädlichen Einwirkung des Meerwassers geschützt bleibt. Diesen Eigenschaften ihrer Samen und Früchte verdanken die Strandpflanzen ihre grossen Verbreitungsbezirke und machen sie zu den Pionieren der Vegetation, welche zuerst von neuem Land im Meere Besitz ergreifen.

Typische Strandpflanzen sind es auch, denen wir in der neuen Strandflora der Krakatauinsel begegnen. Innerhalb der Driftzone finden wir zunächst, dem Waldgürtel je nach der Ufergestaltung in wechselnder Breite vorgelagert, einen niederen Teppich tropischer Dünenflora, der *Pes Caprae*formation, wie sie von Schimper benannt worden ist. Ihre auffallendsten und wichtigsten Vertreter haben wir schon auf dem sandigen Strande von Edam kennen gelernt. Auch hier kreuzen sich auf der lockeren Unterlage die langen, weithin sich erstreckenden, an den Knoten bewurzelten Stengel von *Ipomaea pes caprae* mit ihren grossen blauvioletten Blütentrichtern und den dicken saftigen Blättern, und die Ausläufer von *Spinifex squarrosus*. Dazwischen breiten sich noch die Sprosse einiger ebenfalls dem Substrate angeschmiegt wachsender Leguminosen, der gelbblühenden *Vigna lutea* und *Vigna luteola* und der grossblätterigen *Canavalia obtusifolia* aus. Nur hie und da erheben sich aus dem regelmässigen Ausläufernetz einige höhere Gräser und Cyperaceen,

eine Wolfsmilch mit wachsüberzogenen, bläulich schimmernden Blättern und niedere Büsche, deren Zahl und Höhe gegen den Waldrand hin zunimmt. Wir begegnen zahlreichen Bekannten von Edam und Vlakke Hook. Es findet sich hier die weit verbreitete Malvacee *Hibiscus tiliaceus* mit den schönen gelben Blüten, *Scaevola Koenigii*, *Clerodendron inerme*, *Premna foetida*, und mit dichtem Gewirr gelbgrüner, an sonnigen Stellen braunroter zylindrischer Fäden überzieht *Cassytha filiformis* wahllos Gräser, Kräuter und Stauden und geht auch auf das Geäst der höheren Sträucher und Bäume des benachbarten Strandwaldes über. •

Der junge Strandwald auf Krakatau, der, allerdings noch von zahlreichen Lichtungen durchbrochen, hinter dem niedern Gürtel der Pes Capraeformation sich erhebt, setzt sich hauptsächlich aus solchen Bäumen und Sträuchern zusammen, die der Botaniker auf den ersten Exkursionen im javanischen Strandwalde kennen lernt und die wir zum Teil auch auf Edam, in Vlakke Hook und Javas erstem Punkt getroffen haben. Den grössten geschlossenen Bestand des Waldes bilden 12—15 m hohe *Casuarinen*. Jüngere Individuen desselben Baumes sind mit den benachbarten Sträuchern durch dünne Schlingpflanzen, *Cassytha*, *Vigna*, *Canavalia*, *Caesalpinia Bonducella*, *Vitis trifolia* zu einer fast lückenlosen Laubwand vereinigt, aus welcher sich namentlich die Sprosse von *Vitis trifolia* in grosser Zahl an den höchsten Casuarinen emporwinden, deren Stämme und Äste mit üppigem Blattwerk umkleidend.

Am Rande der Casuarinengruppe entdecken wir ein riesiges Exemplar von *Cycas circinalis* mit prächtigem Blätterkranze am Scheitel des 1 m 65 cm hohen und 80 cm im Umfang messenden Stammes. Die Pflanze ist weiblich; ihre Vegetationsspitze ist umrahmt von gelbbraunen Fruchtblättern, deren Samenknospen zu schrumpfen beginnen. Sie sind wie diejenigen früherer Jahre, deren Reste noch am Boden liegen, offenbar unbefruchtet geblieben. Auch in Zukunft dürften wohl noch nicht so bald reife Cycassamen auf Krakatau erzeugt werden; denn wir haben trotz eifrigen Suchens weder auf Krakatau noch auf Verlaten Eiland männliche (übrigens auch keine weiteren weiblichen) Exemplare finden können.

Weiter südlich ragen aus dem Baum- und Strauchgürtel schlank emporstrebende Stämme von *Calophyllum Inophyllum* und *Terminalia Catappa* mit quirlig angeordneten Ästen heraus (Fig. 9 Tafel XVIII). Die Blätter dieser beiden Bäume sind lederig, während sie bei anderen Arten, denen wir hier noch begegnen, bei *Sophora tomentosa*, *Clerodendron inerme*, *Pemphis acidula*, *Morinda citrifolia* fleischig saftig entwickelt sind oder wie diejenigen von *Tournefortia argentea*,

namentlich an den jüngeren Teilen der Pflanze, ein dichtes Haarkleid aufweisen. Es lassen die genannten wie die weiteren Bäume und Sträucher des neuen Waldgürtels aus den Familien der Leguminosen, Euphorbiaceen, Rubiaceen, Lythraceen u. a. m., die Gräser, Lauraceen, Leguminosen und Compositen, welche die Waldlichtungen bevölkern, in ihrem vegetativen Bau, im besonderen in Gestaltung und Anatomie des Blattes unschwer Anpassungen an die Lebensweise am salzreichen und daher trotz des Wasserreichtums für die Pflanzenwelt physiologisch trockenen Strande erkennen.

Über eine mit hohen Gräsern bestandene Lichtung hinweg erblicken wir einige Exemplare des schönsten Baumes der tropischen Strandwälder, der Myrtacee *Barringtonia speciosa*, nach welcher der gesamte Pflanzenverein dieser Wälder als Barringtoniaformation bezeichnet wird. Aus dem dichten Laubdache riesiger lanzettförmiger Blätter treten die grossen weissen Blüten wirkungsvoll hervor. Ausser den Blüten sind an den untersten Ästen gleichzeitig die verschiedensten Entwicklungsstadien der mitraförmig gestalteten, leichten Früchte vorhanden.

Etwas weiter südlich ragen über Baumgruppen die Kokospalmen empor, deren dunkelgrüne Wipfel mit dem Fernglas schon vom Schiffe aus sichtbar waren (Fig. 10 Tafel XIX). Der Weg zu denselben, über grobes Bimssteingeröll, durch Rohr- und Halmgewirr und dichtes Gesträuch ist nicht ohne Mühe zu bahnen. Halbwegs stossen wir auf eine Gruppe grossblättriger und reichlich fruchttragender Feigenbäume, *Ficus fulva* und *F. fistulosa*, die ihre Blüten und Früchte gleich zahlreichen anderen Tropenbäumen nicht an den jüngsten Zweigen, sondern am Stamm und den älteren Ästen bilden. Um Äste und Zweige der Feigenbäume schlingen sich die dünnen Sprosse von *Trichosanthes tricuspidata*, einer Schlingpflanze aus der Familie der Kürbisgewächse, mit hellrot aus dem dunkeln Grün hervorleuchtenden Früchten. Die Ficusbäume, die jetzt in 6 Arten auf Krakatau und Verlaten Eiland vertreten sind, und Trichosanthes gehören zu denjenigen Ansiedlern, deren Samen durch früchtefressende Vögel, also endozoisch, auf die Inseln gebracht worden sein dürften.

Zu unserer nicht geringen Freude sind die Kokospalmen reich mit Früchten beladen. Die Fruchtbildung hat offenbar schon vor mehreren Jahren begonnen, denn der Boden ist mit einer grossen Zahl reifer Nüsse bedeckt, von denen viele schon gekeimt und Pflanzen bis zu 1 m Höhe erzeugt haben. Für Nachwuchs ist also ausreichend gesorgt und gerne geben wir zu, dass einer unserer javanischen Begleiter eine Anzahl unreifer Früchte zur Erquickung aller aus den Kronen herunterholt.

Zu tieferem Eindringen in das Innere der Insel und an die Abhänge des Kegels schien uns das Gebiet nordöstlich des Casuarinenwaldes am geeignetsten. Hier ist der Strandwald auf eine besonders schmale Zone reduziert und der Gürtel der kriechenden Gewächse an mehreren Stellen von dem bis an die Flutlinie herantretenden Gebüsch verdrängt. An höheren Formen erheben sich aus demselben nur einige Kokospalmen und prächtige 6—8 m hohe Pandanusgruppen (Fig. 8 Taf. XVII), deren schlanke, schlangenartig gebogene Stämme mit dicken, pfeilerartig dem Boden zustrebenden Stützwurzeln im Wellenbereiche verankert sind; in den dichten Schöpfen schmaler scharfrandiger Blätter prangen ihre kopfgrossen gelben und roten Fruchtstände. In der Nähe findet sich eine junge, noch nicht fruktifizierende Kokospalme und zwar ein Exemplar der niedrigen, von den Eingeborenen als *„Kalapa gading“* bezeichneten Varietät, deren Früchte auch zur Zeit vollkommener Reife von schön orangegelber Färbung sind.

In einem der breiten Bachbette, welche das bei heftigem Regen rasch abströmende Wasser in die weichen Schichten gegraben hat, ins Innere vordringend, sehen wir uns bald von einer von der Strandflora völlig verschiedenen Vegetation umgeben. Am Rande des Bachbettes finden sich Rasen kleiner Laubmoose (*Philonotis secunda* [Dz. et Mb.] v. d. B. et Lac. und *Bryum coronatum* Schwaegr.) und zierliche Farne, vor allem *Gymnogramme calomelanos,* deren junge Blätter mit weissen Kalkschüppchen bedeckt sind. Einzelne in Vertiefungen und untergrabenen Uferstellen liegende Bimssteinbrocken und Lavastücke sind mit blaugrünem Algenüberzug bedeckt. Zu Seiten des Bachbettes, auf leicht gewellter und bergwärts ansteigender Fläche herrschen einzelne der auch am Strande vorkommenden Gräser und Cyperaceen vor. Ihnen gesellen sich andere bei, von denen sich namentlich *Saccharum spontaneum, Gymnothrix elegans* und *Phragmites Roxburghii* durch ungewöhnliche Dimensionen auszeichnen. Stellenweise bilden ihre 3—4 m hohen Halme und Rohre erst vereinzelte Büsche, anderwärts, zusammen mit den hier als Schlingpflanzen entwickelten *Vigna, Canavalia, Cassytha,* mit Sträuchern von *Tournefortia, Scaevola* und verschiedenen Farnen förmliche Dickichte. Einmal raschelt es vor uns im Rohr, ein gelbbrauner feister Leguan (Calotes) von fast 1 m Länge, der sich träge gesonnt hat, ergreift eiligst die Flucht; auch einige kleine Vögel fliegen lautlos aus dem Gebüsch auf, um sich in geringer Entfernung wieder ruhig niederzulassen.

Die beschriebene, in ihrem Aussehen einer Grassteppe vergleichbare Vegetation bedeckt innerhalb des Strandwaldes die ganze leicht ansteigende Fläche der Südostseite der Insel, zieht sich in geschlossenen



Phot.: A. Ernst.

Fig. 9. Schmale Drift- und Pes caprae-Zone, Strandwald.

Im Strandwald Calophyllum (links), Pandanus (Mitte), Casuarinen (rechts); im Hintergrund Gipfel des Rakáta. (Südostküste von Krakatau.)

Bestande in den wilden Schluchten und auf den steilen Gräten weit am Kegel empor. Nur hier und da wird das gleichmässige Dschungel frischer und abgestorbener Halme und Rohre durch einen Baum oder Strauch überragt. Vor uns, in mittlerer Höhe des Rakáta, zieht sich die tiefe Schlucht abwärts, deren dunkles, an Bäumen und Sträuchern reiches Pflanzenkleid bei der Annäherung an die Insel schon vom Schiffe aus unsere Aufmerksamkeit erregt hat. Wir suchen das Dickicht zu durchdringen und gelangen an die ersten scharfen Gräte, welche, durch tiefe Furchen und Schluchten getrennt, vom Abhange aus nach allen Seiten über den Fuss des Berges ausstrahlen (Fig. 11 Tafel XIX). Wir klimmen im Gewirr der über uns zusammenschlagenden Gräser auf Gräte hinauf, in Schluchten hinunter, die Arbeit ist mühsam, die Flora wenig abwechselnd und die Ausbeute vorerst gering. Überall Farne und Gräser; nur selten erfreuen die stattlichen Blütenstände einiger hoher, ebenfalls grasartig entwickelter Erdorchideen, *Arundina speciosa*, *Spathoglottis plicata*, von *Phajus* oder *Cymbidium*, einige gelbblühende Compositen das suchende Auge. In unangenehmster Weise nehmen uns dagegen die Vertreter der neuen Krakataufauna in Anspruch. Unten im Casuarinenwalde hatten uns zahllose Stechmücken freudig umschwirrt und beim Früchtesammeln im Pandanusgebüsch störten wir gefährliche kleine Wespen auf. Hier oben aber sind wir ins Reich zahlreicher roter und schwarzer, kleiner und grosser Ameisen gelangt. Ihre Bauten sind teils in der bis 1 m hohen Schicht von Wurzelstöcken, abgedorrter und abgebrochener Halme und Rohre versteckt, teils nestartig an Sträuchern und Grasbüschen aufgehängt. In Scharen fallen die aus ihren Wohnungen aufgestörten kleinen Beisser über die Eindringlinge her.

Noch immer sind wir durch mehrere, immer steiler werdende Gräte und abgrundtiefe Rinnen von dem erstrebten Ziele getrennt. Sengend heiss brennen die Strahlen der senkrecht über uns stehenden Sonne auf uns nieder, abwechselnd handhaben wir an der Spitze der kleinen Kolonne das Haumesser; Schritt um Schritt kämpfen wir uns vorwärts in dem schattenlosen Dickicht, aufwärts und wieder abwärts. Die Diener und Träger mit dem notwendigsten Gepäck und den Pflanzenkisten vermögen kaum zu folgen. Schliesslich müssen wir, wenn auch mit Widerstreben, erkennen, dass die Erreichung der Hauptschlucht und des Gipfels mit unserer primitiven Ausrüstung und in der kurzen noch zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich ist. Zu den durch die Terrainverhältnisse bedingten Schwierigkeiten des Aufstieges, die zu überwinden den beiden früheren Expeditionen 1886 und 1897 nicht möglich gewesen war, sind diejenigen des dichten und doch weder Halt noch Schatten bietenden

Pflanzenkleides gekommen, so dass auch unsere Bemühungen erfolglos bleiben. Einer vierten Expedition, deren Teilnehmern es vielleicht möglich sein wird, mit vollkommener, kombinierter Gebirgs- und Tropenausrüstung während eines mehrtägigen Aufenthaltes sich der Erforschung der Krakatauflora zu widmen, bleibt also die Besteigung des Kegels und die Untersuchung seiner jetzt noch nicht bekannten Pflanzenwelt vorbehalten.

Wir treten den Rückzug an. Um die Mittagsstunde sind wir beim Schiffe zurück, das uns in geringer Entfernung vom Land an der Ost- und Nordküste des Eilandes dahinführt. Bald verändert sich das Küstenbild. Der flache Strand geht in eine Steilküste über, an deren oberen Rand sich zerklüftete Abhänge des Kegels anschliessen, ähnlich denjenigen, auf welchen wir kurz vorher den Aufstieg versucht hatten. Einen imposanten Anblick gewährt die Nordseite mit der fast senkrechten, unter dem Gipfel 800 m hohen Rissfläche. Sie zeigt uns den eigenartigen Verlauf von verschiedenfarbigen Schichten und Gängen und bietet — wohl einzig in ihrer Art — den natürlichen Schnitt durch einen Vulkankegel. Verbeek, der Monograph von Krakatau (l. c. II pag. 167 u. 496), gibt von derselben nach seinem Besuche im Oktober 1883 die nachfolgende Beschreibung: „La paroi presque verticale de 832 mètres de hauteur, avec la mer bleu foncé et profonde de 300 mètres qui baigne son pied, fait sur tout le monde, par son caractère étrangement grandiose, une irrésistible impression. Dans l'éffondrement de 1883 la montagne fut coupée presque verticalement par le milieu, de sorte que la structure interne de ce volcan basaltique a été admirablement mise à découvert. Quand on se trouve au nord de la paroi à pic, on voit à gauche apparaître au pied de la montagne, sous les couches basaltiques et en discordance avec elles, les bancs massifs de la roche ancienne à tridymite et les couches de lapilli qui les recouvrent. Ces couches appartiennent au bord du cratère le plus ancien, et sont formées de la même roche que Verlaten Eiland et Lang Eiland; en cela elles diffèrent beaucoup des autres couches du Pic, qui consistent surtout en matières incohérentes, lapilli et fine cendre. Ces dernières couches alternent avec quelques bancs de lave et sont coupées transversalement par des filons lithoïdes. Elles sont de couleur brunâtre et tranchent fortement sur les matières ponceuses récentes, blanches ou gris clair, qui les recouvrent.“ Schon in den Monaten August und September 1884 konstatierte Verbeek einige Veränderungen im Aussehen der Abbruchwand: „La cendre gris clair mouillé, qui à l'origine avait dégoutté vers le bas et recouvert la surface en divers points, surtout au milieu, était maintenant en grande partie détachée par l'incessant effritement de la roche. La

trainée de cendre grise étendue sur le sommet avait entièrement disparu, en laissant à découvert une grosse veine pierreuse, qu'on peut suivre dans une direction presque verticale à travers les couches du pic, jusqu'à la moitié de la hauteur totale de la montagne, où elle se termine en un renflement lenticulaire.“ Er fügt seiner Beschreibung noch bei: „Il est vivement à désirer que l'on réussisse bientôt à obtenir de cette paroi une bonne représentation photographique, sur laquelle les différentes couches et les différents filons soient nettement visibles. La tentative faite au mois de Septembre 1884 a échoué par l'insuffisance de la lumière. Comme il n'existe au nord de la falaise aucune terre assez rapprochée, on est réduit à prendre la vue photographique à bord d'un navire; l'exposition ne peut donc avoir qu'une très courte durée et dans ces conditions un éclairement intense de l'objet est absolument nécessaire.“ So viel ich weiss, ist seither keinem der wenigen Besucher von Krakatau Gelegenheit zu dieser Aufnahme geboten worden und der Wunsch Verbeeks also nicht in Erfüllung gegangen. Ich habe daher den diesen Mitteilungen über den gegenwärtigen Stand der Flora von Krakatau beigegebenen Vegetations- und Pflanzenbildern auch eine der beiden Aufnahmen angereiht, die mir bei ausnehmend günstiger Beleuchtung vom beigedrehten und ruhig liegenden Schiff aus zu machen vergönnt gewesen ist (Fig. 4 Tafel XV).

Auch jetzt noch erfährt die Felswand, wie ja übrigens alle nicht mit einem dichten Pflanzenkleid bedeckten Teile der Insel, fortwährend Gestaltsveränderungen.

Wie wir während der schönen Fahrt entlang der wilden Nordküste auf Deck unser einfaches Mittagsmahl halten, werden wir auf einmal eines auffallenden Phänomens gewahr. Über einem kraterförmigen Einschnitt etwas links vom Hauptgipfel, einer Stelle, die sich durch das Fehlen jeder Vegetation auszeichnet und sich daher scharf von ihrer Umgebung abhebt, scheinen mehrere schwache Rauch- oder Dampfsäulen aufzusteigen und sich über dem Berge zu einer feinen Wolke zu sammeln. Auch von einigen anderen Stellen des oberen Abhanges aus steigen ähnliche Wölkchen empor. Beginnt etwa von neuem die vulkanische Tätigkeit der Insel? Von überall her waren in den letzten Monaten und Wochen Berichte von vulkanischen Ausbrüchen (Vesuv, Hawai), von schrecklichen Erdbeben (San Francisco) auch nach Java gelangt und auf Java selbst der Merapi lebhaft tätig geworden; in den Padangschen Bovenlanden Sumatras war der Tandikat nach langer Ruhe wieder ausgebrochen. Sollten wir nun etwa noch die Botschaft vom Wiedererwachen des Krakatau nach Batavia zurückbringen müssen? Glücklicherweise er-

wies sich unsere Sorge bald als unbegründet. Mit unseren Feldstechern und dem Fernrohre des Kapitäns gelang es uns, die Ursachen der beunruhigenden Erscheinung festzustellen. An den fraglichen Stellen lösen sich fortwährend grössere und kleinere Steine und Sandmassen los, die in den Rinnen nach unten rieseln und stürzen, während die aufsteigende Luftströmung den feinen Staub emporträgt und über dem Gipfel eine leichte, rauchähnliche Wolke bildet. Deutlich erkennen wir beim Näherkommen einzelne grosse Steine, welche in mächtigen Sprüngen über die Felswand hinunterrollen, feineres Geröll mit sich reissend und am Fusse der Felswand grössere und kleinere Schuttkegel ansammelnd. Einzelne der letzteren sind auch auf der Photographie wahrzunehmen.

Wir landen in einer weiten Bucht, die vom westlichen Teile der Absturzwand und einem steilen Vorgebirge, „Zwarte Hoek", umsäumt wird, das früher den westlichsten Punkt der alten Insel bildete. Hier ist von den Wellen viel Bimsstein- und Aschenmaterial ans Ufer geschwemmt und im Laufe der Jahre eine kleine Strandebene erzeugt worden. Die Besiedelung derselben ist noch nicht so weit gediehen wie am östlichen und südöstlichen Strande der Insel. Die mit Bimssteinbrocken und grossen Blöcken dunkler Lava übersäte Sandfläche ist erst teilweise vom Maschennetz der *Ipomaea*, *Canavalia, Vigna* überspannt, deren Sprosse hier, auf dem noch wenig umstrittenen Boden, Längen bis zu 20 m erreichen (Fig. 6 Taf. XVI). Hier und da finden sich junge *Kokospalmen*, Keimpflanzen von *Barringtonia speciosa*, die sich mit 3 bis 5 dm langen Wurzeln im Sande befestigt haben, während die Stammspitze des Keimlings noch in der Frucht verborgen ist. Auf kleinen Schuttkegeln am Fusse der Felswand, im gelockerten Gestein der untersten Schichten, zwischen den Lavablöcken, welche die Abhänge des „Zwarte Hoek" überdecken, erheben sich die schlanken Halme von *Saccharum spontaneum* und anderer Gräser und Cyperaceen, finden sich vereinzelt *Casuarinen*, Gebüsche von *Scaevola Koenigii*, an welchen die langen Rispen kleiner weisser Blüten sich hübsch von den hellgrünen Blattrosetten am Ende der Zweige abheben, *Sophora tomentosa* mit Büscheln rosenkranzartig gegliederter Hülsenfrüchte, *Desmodium umbellatum* und andere der strandbewohnenden Leguminosen. Hier und da bemerken wir Exemplare von *Spinifex squarrosus*. *Nephrolepis exaltata*, eine Polypodiacee mit einfach gefiederten Blättern, überdeckt grössere Flächen. Im Schutze der Felsen finden sich einige schmächtige Exemplare von *Lycopodium cernuum* und am Fusse der Felswände wie auf der Ebene schmarotzt *Cassytha filiformis* auf den verschiedensten Wirtpflanzen. An den Felsen sammeln wir auch

zierliche Keimpflanzen und zahlreiche Prothallien von *Gymnogramme* und neben andern Farnen und Lycopodium auch *Polypodium quercifolium*, einen der wenigen Epiphyten der Barringtoniawälder, der hier aber, ähnlich wie in der Umgebung der Solfataren und Krater der Vulkane Javas, in Felsspalten wächst. Auch andere der von uns auf Lava und Bimssteingeröll gefundenen Farne wachsen in den Wäldern Javas und Sumatras als Epiphyten auf Bäumen. Da sie hier ungefähr dieselben Lebensbedingungen vorfinden wie bei epiphytischer Lebensweise: hartes und nicht zu feuchtes Substrat und intensive Belichtung, sind sie, umsomehr als der Wettbewerb der Pflanzen um den Boden noch wenig ausgeprägt ist, wiederum zu Erdpflanzen geworden.

Am wolkenlosen Himmel steht immer noch die Sonne fast senkrecht über uns. Brennend und blendend erzeugen ihre Strahlen auf der weissen Ebene am Fusse der dunkeln Felswände drückende Hitze und schwindelerregende Lichtfülle. Unsere Diener sind nicht im Stande, uns mit ihren nackten Füssen über die heisse Sandfläche zu folgen und bleiben in der von den Wellen gekühlten Strandzone zurück. Wir selbst müssen bald davon abstehen, zwischen den losen Blöcken des steilen Abhanges am Vorgebirge „zwarte Hoek" (schwarze Landzunge) herumzuklettern, da es unmöglich ist, sich beim Klettern am steilen Hange mit den Händen an dem heissen Gestein zu halten. Bevor wir zum Schiffe zurückkehren, ruhen wir aus im schmalen Schatten eines mächtigen, heruntergestürzten Felsblockes. Die vor uns liegende Bucht mit dem kleinen schmucken Dampfer und die von der Sonne beschienene in allen Farben schimmernde Felswand bieten ein unvergessliches Bild, das die Mühe und Anstrengung der vorausgegangenen Stunden vergessen lässt.

Eine dritte an der Westküste von Krakatau versuchte Landung erwies sich als unmöglich. Wir beschlossen daher, noch einer der beiden Nachbarinseln einen kurzen Besuch abzustatten. Das uns näher liegende Lang Eiland mit vorwiegender Steilküste entbehrt der Strandvegetation fast vollständig. Bäume und Sträucher sind auf der weiten, mit Gräsern überdeckten Fläche der Insel noch selten. Dagegen erscheint schon vom Schiffe aus gesehen die Vegetation von Verlaten Eiland viel weiter entwickelt. An der uns zugekehrten Ostküste nehmen wir nicht weniger als 7 waldartige Bestände von *Casuarina equisetifolia* wahr, die durch Gruppen anderer Bäume und Sträucher zu einem fast ununterbrochenen, mit dem Strande parallel laufenden Gürtel vereinigt sind. Auf der Fahrt nordwärts gegen Verlaten Eiland hin, ungefähr im Gebiet des versunkenen Danan, lässt der zuvorkommende Kapitän das Schiff nochmals

anhalten und beidrehen, um mir eine Aufnahme der nunmehr mit der ganzen Nordküste sichtbaren Krakatauinsel zu ermöglichen (Fig. 3 Taf. XV). Die Tiefenmessungen, die beim Annähern an Verlaten Eiland angestellt werden, ergeben, dass die Zahlen der Seekarte nicht mehr stimmen und seit den letzten Messungen offenbar beträchtliche Veränderungen in der Gestaltung des Meeresbodens in dem Einsturzbecken erfolgt sind. Der Kapitän wünscht daher noch vor Einbruch der Nacht das gefährliche Fahrwasser hinter sich zu haben und begleitet uns selber ans Land, um sicher zu sein, dass wir zur bestimmten Zeit mit dem Boote zurückkehren.

Wie auf Krakatau setzt sich auch auf Verlaten Eiland die Vegetation aus Strand- und Binnenlandflora zusammen. Hier wie dort finden sich in der Driftzone mit den Früchten und Samen von Pflanzen des sandigen und steinigen Meeresstrandes auch Früchte und Keimlinge von *Nipa fruticans* vor, während ältere Exemplare dieser, sumpfiges Terrain liebenden Palme, ebenso die andern als Mangrove zusammengefassten Bewohner der Strandsümpfe fehlen. Die Strandflora von Verlaten Eiland setzt sich also ebenfalls aus Vertretern der Pflanzenvereine von Pescaprae- und Barringtoniaformation zusammen.

Zwischen den einzelnen Casuarinenbeständen, in welchen zahlreiche Stämme mit einem dichten Kleide von Schlingpflanzen, *Vitis trifolia, Mucuna pruriens,* behangen sind, finden sich von weitern Strandbäumen neben *Barringtonia* wieder *Terminalia* und *Calophyllum, Leguminosen, Pandanus litoralis.* Auf weite Entfernungen hin ist die des dichten Haarkleides ihrer Blätter wegen silbergrau erscheinende *Tournefortia argentea* zu erkennen. Von weit verbreiteten Strandpflanzen kommen ferner *Erythrina indica,* die Verbenacee *Premna foetida,* die Rubiaceen *Morinda citrifolia* und *Guettarda speciosa* vor. Etwas weiter im Innern treffen wir mehrere Ficusarten, Kokospalmen und eine zweite Kulturpflanze, *Carica Papaya.* Ihre Samen sind vielleicht von Vögeln oder fliegenden Hunden, welche die weiche Papayafrucht sehr zu schätzen wissen, auf die Insel gebracht worden, vielleicht auch ist diese Pflanze, da Verlaten Eiland vor Jahren Vermessungsarbeiten halber während einiger Zeit bewohnt wurde, von Menschen eingeschleppt worden. Dagegen dürfte *Melastoma polyanthum,* ein in Java über Berg und Tal verbreiteter Strauch mit lederigen Blättern, grossen violetten Blüten und saftigen Beerenfrüchten, die von zahlreichen Vögeln gefressen werden, wohl sicher endozoisch an diesen neuen Standort gekommen sein.

Durch die Lichtungen des Strandwaldes hindurch haben sich die hohen Gräser, Cyperaceen, die Farne und Compositen des Innern

auch nach dem Strande hin bis zu dem aus *Ipomaea pes caprae, Spinifex, Ischaemum, Vigna, Canavalia* und *Cassytha* gewirkten Teppich ausgebreitet. Das Innere der Insel wird, ähnlich wie auf Krakatau, stellenweise von offenen, anderwärts von geschlossenen Beständen der Gräser, Cyperaceen und Farne, durchwoben mit Schlingpflanzen, Compositen und Orchideen, von vereinzelten Bäumen und Sträuchern überdeckt. 1897 waren auf Verlaten Eiland erst 15 Arten von Phanerogamen und Gefässkryptogamen gefunden worden. Unsere Ausbeute besteht — wir sammeln nur noch zu zweien — nach kaum einstündigem Aufenthalt aus 42 Arten, von denen 7 (Vitex Negundo, Carica Papaya, Colubrina asiatica, Caesalpinia Bonducella, Mucuna pruriens, Ximenia americana, Ficus hirta) auf Krakatau noch nicht gefunden worden sind. Es ist wohl anzunehmen, dass bei längerem Aufenthalt auch für Verlaten Eiland ungefähr derselbe Florenbestand wie für Krakatau hätte festgestellt werden können. Unsere Ergebnisse genügen aber vollständig für den Nachweis, dass die Besiedelung von Verlaten Eiland sich in derselben Weise vollzieht, von den gleichen Faktoren abhängig ist, wie auf der Nachbarinsel Krakatau.

Nach 5 Uhr sind wir wieder auf dem Schiff. Noch vor Sonnenuntergang liegt die ganze Inselgruppe hinter uns und die „Snip" trägt uns, in weitem Bogen nordwärts zwischen Sebesi und Seboekoe hindurch den Weg suchend, in das inselreiche Javameer und folgenden Tags nach Tandjong Priok, Batavias Hafen, zurück.

III. Der gegenwärtige Florenbestand der Krakatau-Inseln.

Die Vegetation von Krakatau und Verlaten Eiland ist in den letzten 10 Jahren wesentlich reicher, stellenweise sogar üppig geworden. Der Florenkatalog der Inselgruppe hat durch die Ergebnisse unserer Exkursion erhebliche Zunahmen zu verzeichnen. Die gegenwärtige Krakatauflora umfasst Vertreter aller Abteilungen des Pflanzenreiches: Schleimpilze, Bakterien, Algen, Pilze, Leber- und Laubmoose, Farne, nacktsamige und bedecktsamige Blütenpflanzen. Die Gesamtzahl der auf den Exkursionen von 1886, 1897 und 1906 auf der Inselgruppe gesammelten Arten beträgt 137.

In dem nachfolgenden Florenkatalog sind die auf den drei Exkursionen gesammelten Arten nach Familien und Abteilungen des natürlichen Systems, mit den *Angiospermae dicotyledoneae* beginnend, geordnet. In der mittleren Kolonne ist angegeben, auf welchen der drei Inseln die betreffende Pflanze vorkommt und wann dieselbe (1886, 1897 oder 1906) dort gefunden worden ist. (Abkür-

zungen: K. = Krakatau; V. = Verlaten Eiland; L = Lang Eiland: 1 = Besuch im Juni 1886; 2 = Besuch im März 1897; 3 = Besuch im April 1906).

Die Angaben über die Verbreitungsgebiete der Phanerogamen und Gefässkryptogamen sind den unten aufgeführten Floren und systematischen Werken entnommen.

Angiospermae Dicotyledoneae.

Fam. ***Compositae.***

1. Blumea balsamifera DC.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Küstenvegetation von Vorder- und Hinterindien und der Inseln des indischen Ozeans bis zu den Philippinen und Australien.
2. Blumea hieracifolia DC.	K. 2. 3.	Vorder- und Hinterindien, Malay. Archipel, Philippinen, Australien, trop. und subtrop. Afrika.
3. Conyza angustifolia Ham.	K. 1. (?) 3.	Indien, Malay. Archipel.
4. Conyza indica Miq.	K. 1. 3.	Hinterindien, Malay. Archipel, S. China.
5. Emilia sonchifolia (L.) DC.	K. 2.	In den Tropen der alten Welt weit verbreitet und in der neuen Welt eingebürgert.
6. Erechthites hieracifolia (L.) Raf.	K. 3; V. 3.	Im ganzen wärmeren und gemässigten Amerika verbreitet u. in der alten Welt eingeschleppt.
7. Pluchea indica (L.) Less.	K. 2. 3; L. 2.	Von Ostindien bis Australien überall verbreitet.
8. Senecio spec.	K. 1.	Gattung mit mehreren Arten im Malay. Archipel vertreten.
9. Vernonia cinerea (L.) Less.	K. 2. 3.	In den Tropen der alten Welt überall verbreitet.
10. Wedelia asperrima Boerl.	K. 2; L. 2.	

1. Blume, C. L., Bijdragen tot de Flora van Nederlandsch Indie. Batavia 1825
— Enumeratio Plantarum Javae et Insularum adjacentium. Haag 1830.
— Flora Javae 1829.
2. Boerlage, J. G., Handleiding tot de Flora van Nederlandsch Indie I—III. Leide 1890—1900.
3. Christ, H., Die Farnkräuter der Erde. Jena 1897.
4. Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien. I. Teil, 4. Abteilg. bis IV. Te 5. Abteilg.
5. Engler, A., Syllabus der Pflanzenfamilien. 4. Aufl. Berlin 1904.
6. Hooker, J. D., Flora of British India. Vol. I—VII. London 1875—1897.
Hooker, W. J., Species filicum. Vol. I—V. London 1846—64.
7. Koorders, S. H., Notizen über die Phanerogamenflora von Java (IV). Natuur kundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië. Bd. 60. 1901.
8. Koorders, S. H. u. Valeton, Th., Bijdragen t. d. Kennis d. Boomsorten Java. No. I—X. 1873—1904.
9. Miquel, F. A. W., Flora v. Nederlandsch Indie mit Suppl: Prodromus flor Sumatranae. Amsterdam 1855—60.
10. Raciborski, M., Die Pteridophyten d. Flora v. Buitenzorg. Leiden 1898.
11. Smith, J. J., Die Orchideen v. Java. Leiden 1905.
12. Schimper, A. F. W., Die Indomalayische Strandflora. Jena 1891.



Phot.: A. Ernst.

Fig. 10. Lichtung im Strandwald.

ks vorn Scaevola Koenigii, hinter Gräsern (Saccharum spontaneum) eine Gruppe von Kokospalmen. Südostküste von Krakatau. (pag. 319.)



Phot.: A. Clautriau.

Fig. 11. Grassteppe im Innern von Krakatau.

Im Mittelgrund die ersten Schluchten und Gräte am Abhange des Rakàta. (pag. 321.)

Nr.	Art	Fundorte	Verbreitung
11.	Wedelia glabrata B. et H.	K. 1. (?) 3.	
12.	Wedelia scabriuscula Boerl.	K. 2; L. 2.	
13.	Wollastonia spec.	K. 1.	Mehrere Arten im Malay. Archipel verbreitet.
	Fam. *Goodeniaceae.*		
14.	Scaevola Koenigii Vahl.	K. 1. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Trop. Ostasien, Malay. Archipel, Polynesien.
	Fam. *Cucurbitaceae.*		
15.	Trichosanthes tricuspidata Lour.	K. 3; V. 3.	Vom Himalaya bis Ceylon und Singapore, Malay. Archipel (Java und Sumatra), China, Nordaustralien.
	Fam. *Rubiaceae.*		
16.	Guettarda speciosa L.	K. 3; V. 3.	Beinahe alle trop. Küsten.
17.	Morinda citrifolia L.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Trop. O. Asien, trop. Australien, Polynesien auch im Binnenland (kultiviert).
	Fam. *Labiatae.*		
18.	Hyptis brevipes Poit.	K. 3.	Tropisches Amerika, eingeschleppt an den Küsten Afrikas und des tropischen Asiens.
	Fam. *Verbenaceae.*		
19.	Clerodendron inerme Gaertn.	K. 3.	Vorder- und Hinterindien, Ceylon, Malay. Archipel, Neu-Guinea, Nord-Australien.
20.	Premna foetida Reinw.	K. 3; V. 3.	Java, Borneo, Molukken.
21.	Vitex Negundo L.	V. 3.	Nicobaren, Ceylon, Indien, Malay. Archipel bis Philippinen.
	Fam. *Borraginaceae.*		
22.	Tournefortia argentea L.	K. 1. 3; V. 3.	Ceylon, Hinterindien, Nikobaren, Malay. Archipel, Neu-Guinea, trop. Australien.
	Fam. *Convolvulaceae.*		
23.	Calonyction asperum Choisy.	K. 3.	Im Malay. Archipel verbreitet.
24.	Ipomaea denticulata Choisy.	K. 3.	Ceylon, Hinterindien, Malay. Archipel, Australien.
25.	Ipomaea Pes Caprae Sw.	K. 1. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten.
	Fam. *Asclepiadaceae.*		
26.	Cynanchum Blumei B. et H.	K. 3.	
	Fam. *Apocynaceae.*		
27.	Cerbera Odollam Gaertn.	K. 1. 2. 3; V. 3; L. 2.	Trop. Ostasien bis Formosa und Neu-Guinea.
	Fam. *Melastomataceae.*		
28.	Melastoma polyanthum Bl.	K. 3; V. 2. 3.	Ostindien, China, Malay. Archipel, Australien.
	Fam. *Myrtaceae.*		
29.	Eugenia speciosa L.	L. 2.	
	Fam. *Combretaceae.*		
30.	Terminalia Catappa L.	K. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Malay. Archipel, Keeling-Inseln, Polynesien, Neu-Guinea.

Fam. ***Lecythidaceae.***		
31. Barringtonia speciosa Forst.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Ceylon, Andamanen Inseln, Singapore, Malay. Archipel, tropisches Australien.
32. Barringtonia Vriesei Teysm. et Binnend.	L. 2.	Java (Provinz Bantam).
Fam. ***Caricaceae.***		
33. Carica Papaya L.	V. 3.	Aus Amerika als Kulturpflanze über die ganze Tropenwelt verbreitet.
Fam. ***Guttiferae.***		
34. Calophyllum Inophyllum L.	K. 1. 3; V. 3; L. 2.	Ind. Florenreich, Nordaustralien, Polynesien.
Fam. ***Sterculiaceae.***		
35. Melochia arborea Bl.	K. 3; V. 3.	
36. Melochia indica (Houtt.) A.Gr.	K. 2.	Malayischer Archipel.
Fam. ***Malvaceae.***		
37. Hibiscus tiliaceus L.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten.
Fam. ***Vitaceae.***		
38. Vitis trifolia L.	K. 3.	Vorder- und Hinterindien, Ceylon, Malakka, Java, Sumatra.
Fam. ***Rhamnaceae.***		
39. Colubrina asiatica (L.) Brongn.	V. 3.	Vorder- und Hinterindien, Ceylon, Java, Borneo, trop. Australien.
Fam. ***Sapindaceae.***		
40. Dodonaea viscosa L.	K. 3.	Tropische Küsten von Südafrika bis Australien und Neu-Seeland. (Auch Binnenland).
Fam. ***Anacardiaceae.***		
41. Spondias mangifera Willd.	K. 3.	Indisch-malayisches Gebiet.
Fam. ***Euphorbiaceae.***		
42. Euphorbia Atoto Forst.	K. 3; V. 3.	Trop. u. subtrop. Ostasien.
43. Euphorbia pilulifera L.	K. 2; L. 2.	Kosmopol. in trop. u. subtropischen Gebieten (auch Binnenland).
Fam. ***Meliaceae.***		
44. Carapa obovata Bl.	K. 3.	Ceylon, Malay. Archipel.
Fam. ***Leguminosae.***		
45. Albizzia stipulata Boiv.	K. 2.	Trop. u. subtrop. Asien, Malay. Archipel.
46. Caesalpinia Bonducella (L.) Roxb.	V. 3.	Alle trop. Küsten.
47. Cassia siamea Lam.	K. 3.	Vorderindien, Malay. Archipel.
48. Canavalia obtusifolia DC.	K. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten.
49. Derris uliginosa Lour.	K. 3.	Trop. Ostasien bis Hongkong, Polynesien.
50. Desmodium umbellatum DC.	K. 3; V. 3; L. 2.	Trop. Ostasien, Australien.
51. Entada Pursaetha DC.	V. 2.	In den Tropen beider Hemisphären weit verbreitet.

52. Erythrina indica Lam.	K. 1. (?) 3; V. 3; L. 2.	Indisches Florenreich (auch Binnenland).
53. Erythrina ovalifolia Roxb.	V. 3; L. 2.	Indisches Florenreich (auch Binnenland).
54. Indigofera Teysmanni Miq.	K. 3.	Sumatra.
55. Mucuna pruriens DC.	V. 3.	In den Tropen beider Hemisphären.
56. Pongamia glabra Vent.	K. 3; V. 3.	Indisches Florenreich.
57. Pithecolobium moniliferum Bth.	K. 3.	
58. Sophora tomentosa L.	K. 3; V. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten.
59. Vigna lutea (Sw.) A. Gray.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Andamanen-Inseln, Malay. Archipel, trop. Australien.
60. Vigna luteola (Jacq.) Benth.	K. 2; L. 2.	Kosmopol. in den Tropen bis zum Kap und Argentinien.
Fam. ***Hernandiaceae.***		
61. Hernandia peltata Meissn.	K. 1. 3.	Trop. Ostasien, Neu-Guinea, Polynesien.
Fam. ***Lauraceae.***		
62. Cassytha filiformis L.	K. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten (auch Binnenland).
Fam. ***Olacaceae.***		
63. Ximenia americana L.	V. 3.	Tropische Küsten der alten und neuen Welt.
Fam. ***Urticaceae.***		
64. Pipturus incanus Wedd.	K. 3; V. 3.	Malay. Archipel, Polynesien (auch Binnenland).
Fam. ***Moraceae.***		
65. Ficus fistulosa Reinw.	K. 3.	Perak, Penang, Singapore, Malay. Archipel (Java).
66. Ficus fulva Reinw.	K. 3; V. 3.	Java, Sumatra.
67. Ficus hirta Vahl.	V. 3.	Malayischer Archipel, China.
68. Ficus hispida L.	L. 2.	Vorder-Hinterindien, Ceylon, Malay. Archipel, China, Australien.
69. Ficus leucantatoma Poir.	V. 3; L. 2.	
70. Ficus toxicaria L.	K. 2; L. 2.	Im Malayischen Archipel verbreitet, Java und Sumatra.
Fam. ***Ulmaceae.***		
71. Trema amboinensis Bl.	K. 3.	Subtrop. u. trop. Asien u. Austral.
Fam. ***Casuarinaceae.***		
72. Casuarina equisetifolia Forst.	K. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Hinterindien, Malayisch. Archipel (auchBinnenland), N.-Australien.

Angiospermae Monocotyledoneae.

Fam. ***Orchidaceae.***		
73. Arundina speciosa Bl.	K. 2. 3.	Auf Java an sonnigen Stellen sehr gemein (Vulkane!), Borneo, Sumatra, Malacca, Ostindien.
74. Cymbidium Finlaysonianum Lindl.	K. 3.	Im Malay. Archipel verbreitet (Java, Borneo, Sumatra, Celebes, Riouw, Singapore, malay. Halbinsel).
75. Phajus spec.	K. 2; L. 2.	Im Malayischen Archipel mit ca. 20 Arten verbreitet.

76. Spathoglottis plicata Bl.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Penang, Perak, Singapore, Malay. Archipel (Java), Manilla, Neu-Guinea.
77. Vanda sulingi Bl.	L. 2.	Java.
Fam. ***Palmae.***		
78. Cocos nucifera L.	K. 3; V. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten.
Fam. ***Cyperaceae.***		
79. Cyperus digitatus Roxb.	K. 1. (?) 2; V. 2.	In den Tropen verbreitet, Indien. Ceylon, Penang.
80. Fimbristylis spathacea Roth.	K. 1. (?) 2. 3. V. 3; L. 2.	Ceylon, Vorder- und Hinterindien, Singapore.
81. Mariscus umbellatus Vahl.	K. 3.	Von Afrika bis Neu-Guinea, Java. Sumatra.
82. Remirea maritima Aubl.	K. 3; L. 2.	Alle tropischen Küsten.
Fam. ***Gramineae.***		
83. Gymnothrix elegans Büse.	K. 1. 2; V. 2; L. 2.	Java.
84. Imperata arundinacea Cyr.	K. 2. 3; L. 2.	Kosmopolitisch, Alang Alangfelder im Malayischen Archipel.
85. Ischaemum muticum L.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Malay. Archipel, Birma.
86. Pennisetum elegans J.K.	K. 3; V. 3.	Trop. Amerika, Afrika, Indien.
87. Phragmites Roxburghii Steud.	K. 1. 2; V. 2; L. 2.	Trop. Afrika, Vorderindien, Ceylon, Sumatra, Java, Australien.
88. Pogonatherum crinitum Trin.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Vorder-Hinterindien, Malayischer Archipel.
89. Saccharum spontaneum L.	K. 2. 3; V. 3; L. 2.	Tropen der alten Welt; Bestandteil der Alang Alangfelder im Malayischen Archipel.
90. Spinifex squarrosus L.	K. 2. 3; V. 2. 3; L. 2.	Vorder- und Hinterindien, Malay. Archipel.
Fam. ***Pandanaceae.***		
91. Pandanus spec. (littoralis Jungh.!?).	K. 2. 3; V. 2. 3.	Mehrere Arten in der indomalayischen Strandformation, i. b. auf Java und den Koralleninseln der Javasee häufig.

Gymnospermae.

Fam. ***Cycadaceae.***		
92. Cycas circinalis L.	K. 3.	Vorder- und Hinterindien, Malay. Archipel (auch Binnenland).

Pteridophyta.

Fam. ***Lycopodiaceae.***		
93. Lycopodium cernuum L.	K. 2. 3.	Inseln u. Küsten der Tropenzone; i. b. Malayischer Archipel.
Fam. ***Ophioglossaceae.***		
94. Ophioglossum moluccanum. Schlecht.	K. 2.	Hügelland und untere Waldzone von Java.

Fam. ***Polypodiaceae.***

5. Acrostichum aureum L.	K. 1. 2. 3; V. 2.	Mangrovesümpfe u. Nipaformation aller tropischen Länder.
6. Acrostichum scandens J. Sm.	K. 1. 2.	Mangrove- und Barringtoniaformation. Von Nordindien u. Südchina bis Nordaustralien.
7. Aspidium vile Kze.	K. 2.	Xerophil; Vulkane Javas.
8. Blechnum orientale L.	K. 1. 2; V. 2.	Von Nordindien und Südchina bis Polynesien, Neu-Guinea und Australien.
9. Gymnogramme calomelanos (L.) Kaulf.	K. 1. 2. 3; V. 3.	Tropen der neuen und alten Welt.
0. Nephrodium calcaratum (Bl.) Hook.	K. 1.	Von Osthimalaja und Südchina südwärts; malesisches Gebiet.
1. Nephrodium cucullatum (Bl.) Bak.	K. 1. 2. 3.	Malay. Archipel; Ebene u. Hügelland.
2. Nephrodium flaccidum Hook.	K. 1.	Malay. Archipel (Java).
3. Nephrolepis exaltata Schott.	K. 1. 2. 3; V. 3.	Epiphyt und Erdfarn von Nordindien u. Japan bis Australien u. Neu-Seeland; Afrika u. Amerika.
4. Onychium auratum Kaulf.	K. 1.	Himalaya bis Philippinen.
5. Polypodium quercifolium L.	K. 2. 3.	Nordindien und Südchina bis Ceylon, Malay. Archipel.
6. Pteris aquilina L.	K. 1. 2.	Kosmopolitisch auf der ganzen Erde.
7. Pteris longifolia L.	K. 1. 2. 3; V. 3.	Wärmere Länder der alten Welt; sehr verbreitet auf Java.
8. Pteris marginata Bory.	K. 1.	Vom östlichen Indien und Ceylon durch die malayische Region bis Nordaustralien.

Bryophyta.

Fam. ***Anthocerotaceae.***

9. Anthoceros spec. — K. 2.

Fam. ***Bartramiaceae.***

0. Philonotis secunda (Dz. et Mb.) v. d. B. et Lac. — K. 1. (?) 3.

Fam. ***Bryaceae.***

1. Bryum coronatum Schwaegr. — K. 1. (?) 3.

Eumycetes.

Fam. ***Agaricineae.***

2. Hygrophorus spec. — K. 2.

Fam. ***Polyporaceae.***

3. Polystictus sanguineus (L.) Fries. — K. 3.

4. Polystictus hydnoides. — K. 3.

Zygophyta.

Fam. ***Bacillariaceae.***

5. Navicula spec. — K. 2.

6. Encyonema ventricosum Kütz. — K. 2.

7. Nitzschia Sigrma (Kütz.) Sm. — K. 2.

118. Cystopleura gibba (Ehrenb.) Kunze. K. 2.
119. Cystopleura gibberula (Ehrenb.) Kunze. var. producta. Grun. K. 2.

Schizophyta.

Fam. ***Chroococcaceae.***

120. Aphanothece Castagnei (Breb.) Rabh. K. 2.
121. Gloeothece rupestris (Lyngb.) Bor. K. 2.

Fam. ***Oscillatoriaceae.***

122. Lyngbya Verbeekiana Treub. K. 1.
123. Lyngbya minutissima Tr. K. 1.
124. Lyngbya intermedia Tr. K. 1.
125. Microcoleus chlonoplastes Thr. K. 2.
126. Oscillatoria amphibia Ag. K. 2.
127. Schizothrix vaginata Gom. K. 2.
128. Symploca spec. K. 1.

Fam. ***Nostocaceae.***

129. Anabaena spec. K. 1.

Fam. ***Scytonemaceae.***

130. Scytonema mirabile Boss. K. 2.
131. Tolypothrix spec. K. 1.

Fam. ***Bacteriaceae.***

132. Bacterium radicicola Beyerinck K. 3.
133. Bacterium Krakataui. De Kruyff. K. 3.
134. Bacillus Mycoides Flügge. K. 3.
135. Bacillus Moiré. (B. megatherium de Bary?). K. 3.
136. Bacillus fluorescens liquaefaciens. K. 3.

Myxothallophyta.

Fam. ***Physaraceae.***

137. Physarum cinereum. K. 2.

Die grösste Anzahl der in den letzten 10 Jahren eingewanderten Arten entfällt auf die Blütenpflanzen, die nunmehr nicht nur das Vegetationsbild des Strandes, sondern auch der Ebene und der Bergabhänge bedingen. Während die Anzahl der Farne nicht wesentlich zugenommen hat, ist die Gesamtzahl der Blütenpflanzen (15 Arten im Jahre 1886) von 56[1]) im Jahre 1897 bis April vergangenen Jahres

[1]) Penzig gibt die Zahl 53 an; er hat von den Treubschen Funden die beiden *Conyza*arten und *Senezio* spec. bei der Berechnung der Gesamtflora von 1897 nicht mitgezählt.

auf 92 angestiegen. Dieser Zuwachs verteilt sich fast gleichmässig auf Strand- und Binnenlandflora.

Ausschliesslich oder vorwiegend dem Strandgürtel von Krakatau und Verlaten Eiland gehören die nachfolgenden Arten an:

- • Blumea balsamifera DC.
- Conyza angustifolia Ham.
- Pluchea indica (L.) Less.
- • Wedelia glabrata B. et H.
- Wollastonia spec.
- • x Guettarda speciosa L.
- x Hyptis brevipes Poit.
- • x Premna foetida Reinw.
- • x Tournefortia argentea L.
- x Ipomaea denticulata Choisy.
- Cynanchum Blumei B. et H.
- Eugenia speciosa L.
- • x Barringtonia speciosa Forst.
- • x Calophyllum Inophyllum L.
- Melochia indica (Houtt.) A. Gr.
- Vitis trifolia L.
- • x Dodonaea viscosa L.
- • x Euphorbia Atoto Forst.
- x Carapa obovata Bl.
- Cassia siamea Lam.
- x Derris uliginosa Lour.
- Entada Pursaetha DC.
- x Erythrina ovalifolia Roxb.
- Mucuna pruriens DC.
- Pithecolobium moniliferum Bth.
- x Vigna lutea (Sw.) A. Gray.
- • x Hernandia peltata Meissn.
- x Ximenia americana L.
- • x Casuarina equisetifolia Forst.
- Cyperus digitatus Roxb.
- x Remirea maritima Aubl.
- • x Spinifex squarrosus L.
- • x Cycas circinalis L.
- • x Polypodium quercifolium L.

- Blumea hieracifolia DC.
- x Conyza indica Miq.
- Wedelia asperrima Boerl.
- Wedelia scabriuscula Boerl.
- • x Scaevola Koenigii Vahl.
- • x Morinda citrifolia L.
- • x Clerodendron inerme Gaertn.
- • Vitex Negundo L.
- • Calonyction asperum Choisy.
- • x Ipomaea Pes Caprae Sw.
- • x Cerbera Odollam Gaertn.
- • x Terminalia Catappa L.
- Barringtonia Vriesei Teysm. et Binnend.
- Melochia arborea Bl.
- • x Hibiscus tiliaceus L.
- • x Colubrina asiatica (L.) Brongn.
- x Spondias mangifera Willd.
- x Euphorbia pilulifera L.
- • x Caesalpinia Bonducella (L.) Roxb.
- • x Canavalia obtusifolia DC.
- • x Desmodium umbellatum DC.
- • x Erythrina indica Lam.
- Indigofera Teysmanni Miq.
- • x Pongamia glabra Vent.
- • x Sophora tomentosa L.
- x Vigna luteola (Jacq.) Benth.
- • x Cassytha filiformis L.
- Pipturus incanus Wedd.
- • x Cocos nucifera L.
- • Fimbristylis spathacea Roth.
- • x Ischaemum muticum L.
- • Pandanus spec.
- • x Acrostichum aureum L.

Die Strandflora der Krakatauinseln besteht zu zwei Dritteln aus Ubiquisten der tropischen Küsten. Von den 67 in vorstehender Liste

aufgeführten Pflanzen finden sich die mit x bezeichneten 42 in den Verzeichnissen von Schimper[1]) und Hemsley[2]) als typische Strandpflanzen aufgeführt. 35 derselben sind auch ausserhalb des malayischen Archipels, viele sogar über den ganzen Tropengürtel verbreitet und häufig vorkommend. Für ihre Bedeutung für die Strandflora der Küsten im Gebiete der Sundastrasse spricht schon die Durchsicht der pag. 301—303, 306—307 und 313—314 gegebenen Listen unserer Pflanzenfunde auf Edam, in Vlakke Hoek (Sumatra) und Javas erstem Punkt.

Von den mit x bezeichneten 36 Halophyten Edams finden sich 18 auf den Krakatauinseln, mit dem Strande von Vlakke Hoek haben die Inseln 21, mit demjenigen von Javas erstem Punkt 14 dieser weit verbreiteten Arten gemein. Eine ebenso weitgehende Übereinstimmung würde der Vergleich mit andern Küstenstrecken von Java und Sumatra, mit Inseln der Javasee oder des Gebietes der Sundastrasse ergeben. Von den 17 Strandpflanzen z. B., die Guppy[3]) für die von ihm besuchten Strecken der Südwestküste Javas angibt, gehören 14 der Krakatauflora an. Die von Darwin[4]) (1836), Forbes[5]) (1878) und Guppy (1888) besuchten Keeling- oder Kokosinseln (südöstlich der Sundastrasse in 12° s. Br. u. 98° ö. L.) weisen in ihrer ursprünglichen, ca. 30 Phanerogamen umfassenden Flora 18 mit der jetzigen Krakatauflora gemeinsame Vertreter auf. An den 5 Standorten (Edam, Vlakke Hoek, Javas 1. Punt, Südwestküste von Java und Kokos-Inseln) zusammen finden sich 36 (mit •x oder • in der Liste vermerkt) der Strandbewohner von Krakatau wieder. Auch die 25 weiteren Arten, welche in der neuen Strandflora von Krakatau vorkommen, gehören solchen Gattungen an, von denen die Listen Schimpers und Hemsleys andere Arten als typische Strandpflanzen anführen.

Im Innern der Insel, auf der langsam ansteigenden Ebene und den Abhängen des Kegels, finden sich neben zahlreichen, auch in der Liste der Strandpflanzen aufgeführten Arten die nachfolgenden Phanerogamen und Gefässkryptogamen:

---

[1]) Schimper, A. F. W., Die indo-malayische Strandflora. pag. 100.

[2]) Hemsley, B. W., Report of Present State of Knowledge of various Insular Floras. pag. 42.

[3]) Guppy, H. B., The dispersal of plants, as illustrated by the Flora of the Keeling or Cocos Islands. Sep.-Abdr. 1890 pag. 30.

[4]) Die von Darwin gesammelten Pflanzen sind von Henslow, J. S., bearbeitet: Florula Keelingensis, Annals of Natural History (1838 vol. 1. pag. 337—347); das Verzeichnis findet sich auch reproduziert in Challenger Reports. Botany. Vol. I. part 3. pag. 113.

[5]) Forbes, O., Wanderungen eines Naturforschers im Malayischen Archipel von 1878—1883. I. Bd. Jena 1886. pag. 45.

Emilia sonchifolia (L) DC.
Senecio spec.
Trichosanthes tricuspidata Lour.
Carica Papaya L.
Ficus fistulosa Reinw.
Ficus hirta Vahl.
Ficus leucantatoma Poir.
Trema amboinensis Bl.
Cymbidium Finlaysonianum Lindl.
Spathoglottis plicata Bl.
Mariscus umbellatus Vahl.
Imperata arundinacea Cyr.
Phragmites Roxburghii Stend.
Saccharum spontaneum L.
Lycopodium cernuum L.

Erechthites hieracifolia (L.) Raf.
Vernonia cinerea (L.) Less.
Melastoma polyanthum Bl.
Albizzia stipulata Boiv.
Ficus fulva Reinw.
Ficus hispida L.
Ficus toxicaria L.
Arundina speciosa Bl.
Phajus spec.
Vanda Sulingi Bl.
Gymnothrix elegans Büse.
Pennisetum elegans I.K.
Pogonatherum crinitum Trin.

Ophioglossum moluccanum Schlecht.

Acrostichum scandens J. Sm.
Blechnum orientale L.
Nephrodium calcaratum (Bl.) Hook.
Nephrodium flaccidum Hook.
Onychium auratum Kaulf.
Pteris longifolia L.
Aspidium vile Kze.
Gymnogramme calomelanos Kaulf.
Nephrodium cucullatum (Bl.) Bak.
Nephrolepis exaltata Schott.
Pteris aquilina L.
Pteris marginata Bory.

Auch die Pflanzen dieser Liste zeichnen sich, wie schon aus den Angaben in der Hauptflorenliste (pag. 328—334) hervorgeht, durch weite Verbreitungsgebiete aus. Einzelne derselben sind Kosmopoliten und werden wie *Lycopodium cernuum, Pteris aquilina* u. a. in allen Erdteilen und Zonen gefunden. Andere sind über die Tropen der alten Welt *(Emilia sonchifolia, Vernonia cinerea, Saccharum spontaneum* u. a.), über das ganze subtropische und tropische Asien oder doch über das Gebiet des malayischen Archipels verbreitet. Sie gehören innerhalb ihrer Verbreitungsgebiete zu den häufigsten und vielfach mit sehr verschiedenartigen Standorten vorlieb nehmenden Pflanzen. Auch diese Bestandteile der neuen Krakatauflora verdanken ihr Vorkommen an dem neuen Standorte, wie ihre weiten Verbreitungsgebiete überhaupt, besonders günstigen Anpassungen ihrer Früchte und Samen an den Ferntransport.

IV. Die Lebensbedingungen auf Krakatau.

Die neue Flora der Krakatauinseln zeigt auf das überraschendste, wie schnell die Pflanzenwelt auch unter ungünstigen Bedingungen ein steriles Gebiet zu erobern vermag.

Damit lebendige Keime, welche durch irgend ein verbreitendes Agens auf Neuland wie Krakatau getragen worden sind, heranwachsen und selbst neue Keime erzeugen können, bedarf es des Zusammenwirkens vieler Faktoren. Ein grosser Teil der auf das Neuland gelangten Keime geht zugrunde, weil sie die zu ihrer Entwicklung notwendigen Bodenverhältnisse und klimatischen Bedingungen nicht vorfinden. Samen und Früchte anderer Pflanzen, denen vielleicht die Wachstumsbedingungen des neuen Standortes zusagen würden, haben während des Transportes durch Trockenheit oder zu starke Durchnässung ihre Keimfähigkeit eingebüsst, oder sie sind nur kurze Zeit nach erfolgter Ausstreuung keimfähig und haben durch lange Dauer der Reise bereits gelitten. Von den keim- und wachstumsfähigen Samen wiederum können viele vor oder während ihrer Entwicklung durch Tiere zerstört werden oder infolge Umgestaltung des Substrates zugrunde gehen. Die Konkurrenz anderer Pflanzen um Raum und Licht spielt vorerst bei der Besiedelung von Neuland keine Rolle. Dagegen muss eine schon herangewachsene Pflanze auch diejenigen Verhältnisse vorfinden, welche die Befruchtung ihrer Blüten und das Reifen ihrer Früchte begünstigen. Windblütige Pflanzen, die auf solchem Terrain Fuss gefasst haben, werden also beispielsweise reichlicher fruchten und daher besser zur Ausbreitung auf dem zu besiedelnden Boden geeignet sein, als andere mit speziellen Anpassungen an Bestäubung durch bestimmte Insekten, die auf entlegenem Neuland noch fehlen können. Aus ähnlichen Gründen ist es um die Verbreitung diöcischer Arten häufig schlimm bestellt. Wenn von denselben auf dem Neuland nur ein Exemplar vorkommt (wie von Cycas auf Krakatau), oder wenige über weite Gebiete verteilt sind, so unterbleibt naturgemäss die Fruchtbildung. Die betreffende Pflanzenart wird also, wenn während der Lebensdauer des zuerst entstandenen Individuums nicht neue keimfähige Samen auf die Insel gelangen, welche andersgeschlechtliche Exemplare liefern, aus dem Pflanzenkleid wieder verschwinden.

Besonders hemmend mussten sich bei der Neubesiedelung von Krakatau in den ersten Jahren die nachteiligen Einflüsse der starken Insolation und des fliessenden Wassers auf die Erstlinge der Vegetation der Bimsstein- und Aschenfelder geltend machen. Während der schönen Jahreszeit, die vermutlich auf Krakatau, wie in Batavia und anderen Plätzen der javanischen Nordwestküste, mit dem Südostmonsun ungefähr von Mai bis September dauert, sind die Regen verhältnismässig selten. Dagegen wird der Boden jeden Tag, ebenso an hellen Tagen der Regenzeit, auf Temperaturen erhitzt, welche das Wärmemaximum für Keimung und Wachstum der meisten Pflanzen bedeutend übersteigen. Die Ge-

samtregenmenge der Insel[1]) beträgt wahrscheinlich gegen 2 ½ m per Jahr, wovon der grösste Teil während der Zeit von Dezember bis März fällt. Namentlich während der ersten Jahre bewirkte jeder heftige Regenguss durch die erodierende Kraft des abströmenden Wassers Oberflächenveränderungen und mit der lockeren Unterlage ist mancher auf die Insel gelangte Same, manche trotz der ungünstigen Bedingungen entstandene Keimpflanze von ihrem Standort weggeschwemmt oder unter anderem Material begraben worden.

Die chemische Zusammensetzung des Substrates und seine physikalischen Eigenschaften dagegen waren der Neubesiedelung nicht so ungünstig, wie man sich zunächst vorzustellen geneigt ist. Aus den von C. Winkler ausgeführten und von Verbeek (l. c. II. pag. 305) mitgeteilten Aschen- und Bimssteinanalysen geht hervor, dass in denselben fast alle für die Pflanze notwendigen Nährsalze (Stickstoff- und Phosphorverbindungen ausgenommen) in genügender Menge und, was für das Pflanzenleben von besonderer Bedeutung ist, zum Teil auch in wasserlöslicher Form vorkommen. Für Asche aus den obersten Schichten der ersten Ausbrüche (a) und hellfarbigen Bimsstein (b) u. a. wird folgende Zusammensetzung angegeben:

	a.		b.	
SiO_2	60.13	Im Wasser unlöslich 99.56 %	68.51	Im Wasser unlöslich 99.31 %
TiO_2	1.10		0.82	
Al_2O_3	17.41		15.96	
Fe_2O_3	4.30		2.61	
FeO	1.68		1.09	
MnO	0.40		0.28	
CaO	3.36		3.14	
MgO	2.27		1.07	
K_2O	2.46		1.82	
Na_2O	4.88		4.01	
$CaSO_4$ (Anhydrit)	1.57		—	
Organ. Substanz.	in Spuren		—	
$NaCl$	0.75	Im Wasser löslich 1.11 %	1.09	Im Wasser löslich 1.34 %
KCl	in Spuren		in Spuren	
Na_2SO_4	0.22		—	
$CaSO_4$	0.11		0.22	
$FeSO_4$	0.03		0.03	

[1]) In Westjava im Mittel von 24 Stationen 276 cm, in Ostsumatra im Mittel von 10 Stationen 264 cm; für den ganzen Archipel ist der mittlere Regenfall zu 252 cm berechnet worden.

Die wasserlöslichen Substanzen stammen zum grossen Teil aus dem Meerwasser, das bis zum Lavareservoir des Vulkanes durchgesickert oder im Momente des Einsturzes von oben her in den Krater eingedrungen ist und bei der nachfolgenden Eruption mit der Asche sich vermengt hat. Vielleicht stammt ein Teil des Gipses nicht aus dem Meerwasser, sondern von alten Schichten des Vulkans, womit auch die Tatsache übereinstimmt, dass der unlösliche Teil der Asche eine bedeutende Menge von Anhydrit enthält. Von den übrigen Bestandteilen des Meerwassers fehlt unter dem löslichen Teil der Asche das Magnesiumchlorid, das sich vielleicht bei der hohen Temperatur durch die Berührung mit dem Wasserdampf in das unlösliche Magnesiumoxyd umgesetzt hat. Auch Brom und Jod konnten weder in den Aschen noch im Bimsstein nachgewiesen werden, was in Anbetracht des geringen Gehaltes des Meersalzes an Brom- und Jodverbindungen (ca. ¼ %) leicht zu begreifen ist.

In dem durch die Eruption selbst gegebenen Substrate waren also einzelne der anorganischen Nährsalze der Pflanzen in mehr als genügender Menge und in günstiger, löslicher Form vorhanden. Die fehlenden Verbindungen können teilweise in Form von Staub in ähnlicher Art wie die Keime von Lebewesen durch Wasser und Wind auf die Eilande gebracht worden sein. Ferner werden durch die Flut und bei Stürmen durch die anlaufenden Wellen stets grosse Mengen organischer Reste, Meeresalgen und Meertiere an den flachen Strand geworfen, so dass derselbe 50 und mehr Meter landeinwärts ein immer gut besetztes Leichenfeld darstellt, dessen porösem Bimssteinund Aschenboden aus den verwesenden Körpern stetig organische und anorganische Verbindungen zugeführt werden.

Für die Herstellung günstiger Ernährungsbedingungen im Innern der Inseln dürften andererseits in Betracht kommen: die durch lokale Winde vom Strande her getragenen Staubmassen, ferner kleinste Teilchen anorganischer und organischer Substanz, welche mit den Mikroorganismen, den Sporen von Moosen und Farnen, den Samen von Blütenpflanzen durch die Passatwinde gebracht worden sind, und schliesslich, was wohl eine Hauptquelle stickstoffhaltiger Nahrung ist, die Zuführung von Salpetersäure und salpetriger Säure durch den Regen. Wir dürfen annehmen, dass unter dem Äquator die Oxydation des Stickstoffes zu Salpetersäure und salpetriger Säure unter dem Einflusse elektrischer Entladungen, der fast täglich wiederkehrenden Gewitter wegen, mindestens so intensiv, wenn nicht in bedeutend stärkerem Masse als bei uns erfolgt. Wenn nun auch die durch die Niederschläge dem Boden zugeführten Stickstoff-

mengen [1]) während eines Jahres verhältnismässig klein sind, so waren sie doch hinreichend, um zusammen mit den in den Aschen enthaltenen Nährsalzen und Spuren organischer Substanz schon in den ersten Jahren eine reiche Mikroflora zu ermöglichen.

Auf den Bimsstein- und Aschendecken, auf dem blossliegenden Gestein in den Schluchten des Bergabhanges wurden drei Jahre nach der Eruption schwarzgrüne, gallertig-schleimige Schichten blaugrüner Algen festgestellt, die Treub mit Recht als ein geeignetes und nährstoffreiches Substrat für die Keimung der Sporen von Kryptogamen und der Samen von Phanerogamen bezeichnete. Eine vielleicht noch grössere Bedeutung für die Herstellung eines für höhere Pflanzen günstigen Nährbodens dürfte den Bakterien und Schimmelpilzen schon in der allerersten Zeit der Besiedelung zugekommen sein. Untersuchungen über die Bakterienflora von Krakatau sind zwar erst auf unserer (der dritten) Exkursion angestellt worden, es ist aber ausser allem Zweifel, dass diese kleinsten Organismen sich gleichzeitig mit den Algen und Sporen, vielleicht noch vorher auf der Insel eingestellt und weiterentwickelt haben.

Dr. E. De Kruyff, Bakteriologe an 's Lands Plantentuin zu Buitenzorg, hatte die Güte, mir einige sterile Röhren nebst Zubehör zur Entnahme von Erdproben, eine Papierplatte (Methode von Iterson) zum Nachweis von Pilzen mitzugeben und hernach die Untersuchung des gesammelten Materials zu übernehmen. Die bakteriologische Untersuchung der 4 Bodenproben (2 Proben aus dem Barringtonia- und Casuarinenwalde, 1 Probe aus der Strandzone, 1 Probe aus dem Innern der Insel) ergab auf 1 Gramm Boden zwischen 1300000 und 2800000 (im Mittel für die 4 Proben 2200000) Bakterien, also Zahlen, die auch für den Boden in Buitenzorg auf Java von De Kruyff festgestellt worden sind und ebenso dem Bakteriengehalte verschiedener Böden in der Schweiz entsprechen dürften.

Die Anzahl der nachgewiesenen Bakterienarten ist nicht gross. Wichtig aber ist, dass die vorkommenden den verschiedensten biologischen Gruppen angehören. Von den gewöhnlichen Bodenbakterien waren *Bacillus mycoides* und *Bacillus Moiré* (*B. Megatherium* De Bary?) sehr häufig, von typischen Fäulnisbakterien *Bacillus fluorescens liquaefaciens*. In allen 4 Proben fanden sich ferner Erreger der Cellulose-, Pektinstoff- und Stärkegärung, sowie Urobakterien, die Erreger der Harnstofffäulnis, was in Anbetracht der noch verhältnismässig schwach vertretenen Tierwelt nicht ohne Interesse ist. Auf der Papierplatte kamen zahlreiche Schimmelpilze zur Entwicklung,

[1]) In Europa nach Boussingault 1 bis 6 mg Stickstoffsäuren im Liter Regen; nach Berechnungen von Ad. Mayer per Jahr ca. 1 kg auf den Hektar.

während merkwürdiger Weise die Hefepilze auf der Platte wie in den Bodenproben vollständig fehlten. Von allergrösster Wichtigkeit aber für die Ernährung der Gefässpflanzen auf Krakatau ist das Vorkommen derjenigen Bakterien, die im Kreislaufe des Stickstoffs eine Rolle spielen, der Nitrit- und Nitratbakterien und der stickstoffbindenden Bakterien.

Bei der Zerlegung der stickstoffhaltigen Substanz toter Tiere und Pflanzen durch Fäulnisbakterien und andere Mikroorganismen werden die Stickstoffverbindungen im allgemeinen in Ammoniak übergeführt. Ein Teil des bei der Verwesung entstehenden Ammoniakes wird vom Boden fixiert und hernach durch die Nitrit- und Nitratbakterien in salpetrige- und Salpetersäure umgewandelt, welche in Form von Salzen von den Absorptionsorganen der Gefässpflanzen am leichtesten aufgenommen werden. Ein anderer Teil des entstandenen Ammoniaks geht in gasförmiger Gestalt in die Luft über und kehrt, an salpetrige- und Salpetersäure oder an Kohlensäure gebunden, mit den atmosphärischen Niederschlägen zum Teil wieder auf den Boden zurück. Auch im Innern der Insel wird dem Boden also in Form von Ammoniak eine weitere Menge von Stickstoff zugeführt, welche von einzelnen der grünen Pflanzen direkt nutzbar gemacht werden kann, andern dagegen erst nach erfolgter Nitrifikation durch die auch hier vorhandenen Nitrit- und Nitratbakterien als Stickstoffquelle zu dienen vermag.

Eine weitere Bereicherung des ursprünglich stickstofflosen Bodens auf Krakatau mit Stickstoffverbindungen erfolgt durch die Tätigkeit stickstoffbindender Bakterien. Die bekannten frei lebenden und den atmosphärischen Stickstoff fixierenden *Clostridium Pasteurianum* und *Azotobacter chroococcum* konnten zwar in den Bodenproben nicht nachgewiesen werden, dagegen gelang es De Kruyff[1]), mit den Methoden Beyerincks sowohl aus den Bodenproben des Wäldchens wie der Pes Capraezone eine neue aërobe stickstoffbindende Bakterie, *Bacterium Krakataui*, zu isolieren. Ausser dieser frei lebenden, Stickstoff fixierenden Bakterie ist auch *Bacterium radicicola* von den Winden auf die Insel getragen worden, das in Symbiose mit Leguminosen, deren Wurzeln bewohnend, beträchtliche Mengen von atmosphärischem Stickstoff zu binden vermag. An den Wurzeln aller darauf hin geprüften Leguminosen, *Vigna*, *Canavalia*, *Erythrina*, fand ich in grosser Zahl die charakteristischen Wurzelknöllchen vor. Infolge ihrer Symbiose mit *Bacterium radicicola*, das ihnen auf dem

[1]) E. De Kruyff, Sur une bactérie aérobe, fixant l'azote libre de l'atmosphère: Bacterium Krakataui. Bulletin du Dep. de l'agriculture aux Indes néerlandaises. No. IV. (Micro-Biologie II). Buitenzorg 1906.

an Stickstoff- und Phosphorverbindungen armen Bimsstein- und Aschenboden durch Assimilation des atmosphärischen Stickstoffs den Kampf um die Nährstoffe wesentlich erleichtert, sind die Leguminosen für die Neu-Besiedelung der Insel von ganz besonderer Bedeutung geworden. Sie sind jetzt mit 16 Arten, die 14 Gattungen angehören, im besonderen in der Pes Caprae- und Barringtoniaformation des Strandes, durch *Vigna, Canavalia, Caesalpinia* und *Mucuna* auch in der Binnenlandflora vertreten und übertreffen hier wie dort fast alle anderen baum- und strauchartigen Blütenpflanzen an Individuenzahl.

V. Bedeutung der verschiedenen Verbreitungsagentien pflanzlicher Keime für die Besiedelung der Krakatauinseln.

Unter den Verbreitungsagentien von Früchten, Samen und vegetativen, zur Fortpflanzung bestimmten oder geeigneten Organen kamen für die Besiedelung der Krakataugruppe die gleichen in Betracht wie für neu entstehende Inseln überhaupt: Transport durch Vögel, Winde und Meeresströmungen.

I. Die Meeresströmungen.

Die Früchte und Samen der Strandpflanzen, die sich überall in der Driftzone der Küsten vorfinden, werden fast ausnahmslos durch die Meeresströmungen transportiert. Für viele derselben ist die Fähigkeit, auf Meerwasser oder Kochsalzlösung während längerer Zeit zu schwimmen, ohne die Keimfähigkeit einzubüssen, durch Experimente von Guppy[1]), Schimper u. a. festgestellt worden. Das Schwimmvermögen ist nicht bei den Früchten und Samen aller Strandpflanzen in gleichem Masse entwickelt. Einzelne derselben schwimmen frisch vom Baume gefallen ebensogut wie im ausgetrockneten Zustande. Andere dagegen werden erst dann vom Wasser getragen, wenn sie während längerer Zeit trocken gelegen haben. Bekannt ist die langandauernde Schwimmfähigkeit der grossen Driftfrüchte, der *Kokosnüsse,* der Früchte von *Cerbera Odollam,* von *Nipa fruticans,* derjenigen von *Barringtonia, Calophyllum* und *Terminalia Catappa.* Auch kleine Früchte und Samen schwimmen während langer Zeit. Bei den Versuchen von Guppy keimten die Samen von *Guettarda speciosa, Scaevola Koenigii, Morinda citrifolia, Tournefortia argentea* und anderer der auch auf Krakatau vorkommenden Strandpflanzen noch, nachdem sie 40 bis 53 Tage auf Seewasser flottiert

[1]) Guppy, H. B., l. c.
— — The Solomon-Islands, London 1887, pag. 305.

hatten. Auf 3 1/2 % Kochsalzlösung schwammen bei den Experimenten Schimpers Samen von *Dodonaea viscosa* noch nach 60, diejenigen von *Hibiscus tiliaceus* sogar noch nach 121 Tagen. Für andere ebenfalls weit verbreitete Strandpflanzen ist allerdings durch ähnliche Versuche eine bedeutend geringere Schwimmfähigkeit der Samen festgestellt worden. Nach Schimper schwimmen die Samen von *Euphorbia Atoto* nur 4 bis 5 Tage; Samen von *Pemphis acidula* sinken, nach Guppy, wenn frisch vom Baume gefallen, sofort, nach vierzehntägigem Trockenliegen erst nach 2 bis 5 Tagen. Die Schwimmdauer der Zäpfchen von *Casuarina equisetifolia* soll sich sogar nur über 1 bis 2 Tage erstrecken. Während die kurzen Schwimmzeiten von 2 bis 5 Tagen offenbar nicht genügen, um eine Übertragung von Früchten und Samen der zuletzt genannten Pflanzen auf weit vom Festland entfernte Inseln zu ermöglichen, sind sie doch hinreichend, um das Vorkommen dieser Pflanzen auf Krakatau zu erklären. Die Entfernung der Krakatauinseln von den Küsten Javas und Sumatras und zahlreichen Inseln im Gebiet der Sundastrasse ist verhältnismässig gering. Die beim Ausbruche von 1883 nur teilweise ihrer Vegetation beraubte Insel Sebesi ist von Krakatau nur 19 km, von Verlaten Eiland und Lang Eiland nur etwa 15 km entfernt. Nur wenig grösser ist der Abstand von Seboekoe. Von den nächsten Punkten der sumatranischen Küste, Telong Kelapa und Varkenshoek, beträgt der Abstand 37 und 40 km. Etwa gleich gross ist die Entfernung von Javas drittem Punkt; bis zur Nordspitze der Prinzen Insel beträgt sie 43 km. Von all den benachbarten Küstenstrecken Javas und Sumatras, von den Inseln der Sundastrasse und der Javasee können also die ins Wasser gelangten Früchte und Samen von Strandpflanzen durch die in ihrer Richtung wechselnden Strömungen ganz wohl an den Strand der Krakatauinseln getragen werden. Im besondern ist vom Nordeingang der Strasse her, von der sumatranischen Küste bei Varkenshoek, den Zutphen Eilanden, von der Insel Dwars in den Weg, St. Nicolaaspunt und Javas viertem Punkt an der javanischen Küste der Transport von schwimmenden Pflanzen und Pflanzenteilen durch die nach Südwest verlaufende Strömung unter günstigen Umständen in weniger als einem Tage möglich. Zur Zeit des Ostmonsuns wird diese Stromrichtung bis zu 18 Stunden ununterbrochen beibehalten und da gerade in dem breiteren mittleren Teile der Strasse, in der Richtung gegen Krakatau hin, die Stromgeschwindigkeit mindestens 3 km per Stunde beträgt, ist also zwischen zwei Gezeitenwechseln Transport bis über eine Entfernung von mehr als 50 km möglich. Es können also auch Samen und Früchte mit geringem Schwimmvermögen direkt durch die Strö-

mung auf die Krakatauinseln getragen werden. Indessen sind für deren Transport die anderen Möglichkeiten, die Guppy z. B. für die Besiedelung der Kokosinseln angibt, durchaus nicht ausgeschlossen.

Guppy hat festgestellt, dass in den Rissen und Spalten und den von Muscheln und Würmern herrührenden Löchern und Gängen gestrandeter Baumstämme oder angeschwemmten Astwerkes sich ausser Sand vielfach auch kleine Samen von Strandpflanzen wie *Tournefortia argentea, Scaevola Koenigii, Pemphis acidula* etc. vorfinden. Sie sind gleich dem Sand durch den Wind in jene Vertiefungen hineingeweht worden. Wird dieses Holzwerk bei Stürmen oder Hochfluten vom Wasser wieder weggetragen und durch Strömungen an den Strand entfernter Inseln geführt, so können die in den Ritzen verborgenen Samen und Früchtchen in keimungsfähigem Zustande an den neuen Standort gelangen. Vermittelst solchen Samentransportes können also auch diejenigen Strandpflanzen zu Ansiedlern neuer Strandgebiete werden, deren Samen ein ausgeprägtes Schwimmvermögen abgeht, ferner ebensowohl Pflanzen des Binnenlandes.

Auch in anderer Art und Weise ist eine Verbreitung pflanzlicher Keime auf dem Wasser möglich.

Überschwemmungen und Fluten an Küsten, Hochwasser von Flüssen im Landinnern führen häufig frisch entwurzelte Bäume in die See. Auf dem über das Wasser emporragenden Teil des Wurzelwerkes, in dem mitgeführten Erdreich sind zahlreiche Keime und Samen enthalten, wurzeln noch Gräser, Cyperaceen etc.; auf den ebenfalls in die Luft emporragenden Ästen entgehen einzelne Epiphyten der nachteiligen Einwirkung des Seewassers und nicht selten werden auf diesen treibenden Stämmen auch Tiere der verschiedensten Art mitgeführt. Semon[1]) schreibt dieser Transportform sogar eine nicht unbedeutende Rolle für die Verbreitung der Tiere im malayischen Archipel zu. Dass einzelne Tiere, im besonderen Reptilien, auf Treibholz sehr lange Seereisen zurücklegen können, geht auch aus den Angaben von Guppy hervor, nach welchen im Laufe weniger Jahre auf Bambusrohren und Baumstämmen vier lebendige Schlangen und einmal sogar ein Krokodil auf einem grossen Baumstamme am Strande der Kokosinseln gelandet worden sind.

Baumstämme und Astwerk als verbreitende Agentien spielen auch bei der Neubesiedelung der Krakatauinseln mit Pflanzen und Tieren ihre Rolle. Überall finden sich am Strande grosse Haufen angeschwemmter Bäume, Stämme, Äste, Bambusen, oberhalb der Flut-

[1]) Semon, R., Im australischen Busch und an den Küsten des Korallenmeeres. 2. Aufl. Leipzig 1903. Pag. 349.

linie. Einzelne sind ziemlich weit landeinwärts abgelagert worden. Auf solchem Treibholz dürften einzelne der auf der Insel gesehenen Tiere die Reise zurückgelegt haben, wie der fette Leguan, der sich im Bachbette sonnte, wie vielleicht auch die Vorfahren der zahlreichen Ameisen, ganz sicher aber Pflanzen. Auf einem der offenbar schon vor längerer Zeit gestrandeten Bäume fand ich die beiden Röhrenschwämme *Polystictus sanguineus* und *P. hydnoides*. Das Mycelium derselben hatte offenbar im Innern des Holzes den Seetransport überdauert und bereits eine grosse Anzahl neuer Fruchtkörper erzeugt, von denen namentlich die blutroten von *P. sanguineus* schon auf grössere Entfernung hin auffielen.

Auch Bimssteinbrocken, die seit dem grossen Ausbruche des Krakatau an allen Küsten im Gebiete der Sundastrasse und über dasselbe hinaus den Strand und die Oberfläche des Wassers in stillen Buchten überdecken, können, wie Guppy beschrieben hat, dem Transporte von Früchtchen und Samen dienen. Schwimmende und am Strande liegende Bimssteinstücke können durch die Flut bis unter die Strandbäume oder auf sandiges Terrain getragen werden, wo die zahlreichen Vertiefungen und Höhlungen derselben, ähnlich wie die Risse und Vertiefungen des Schwemmholzes, mit Sand und kleinen Früchtchen vollgeweht werden. Eine nächste Flut trägt die beladenen Bimssteinbrocken wieder weg und eine Strömung, in die sie geraten, befördert sie an andere Küsten. Auf den Kokosinseln ist die Keimung von *Pemphis acidula, Scaevola Koenigii, Triumfetta procumbens* aus Samen, die in den Höhlungen von Bimssteinen verborgen waren, wiederholt beobachtet worden. Dass ein solcher Transport für die Besiedelung der Krakatauinseln noch viel mehr in Betracht kommen muss, als für die abgelegenen Kokosinseln, lassen schon die grossen Bimssteinmengen erkennen, die nicht nur an allen benachbarten Küsten angehäuft sind, sondern auch grosse Flächen der Sundastrasse selbst bedecken und vielfach wieder ihrem Ursprungsort, der Krakatauinsel, zugeführt werden, wo sie sich mit den anderen Auswürfen des Meeres in der Driftzone anhäufen (Fig. 5 Taf. XVI).

Alle diese verschiedenen Möglichkeiten des Transportes auf dem Wasser, der verhältnismässig geringe Abstand Krakataus von den Küsten Javas, Sumatras und zahlreichen anderen vegetationsbedeckten Inseln und besonders die ungewöhnlich günstigen Strömungsverhältnisse haben dazu beigetragen, dass dem Strande der Krakatauinseln in kurzer Zeit die Keime einer grossen Zahl von Pflanzenarten und darunter auch solcher zugeführt worden sind, deren Samen und Früchte nicht oder nicht in hervorragendem Masse der Verbreitung durch das Wasser angepasst sind. Die Flora der Strandzone Kraka-

taus umfasst daher, neben überall verbreiteten Strandpflanzen auch weniger spezifisch ausgeprägte Strandbewohner.

Die Artenzahl des Strandgebietes (67) erscheint im Verhältnis zur Artenzahl der indomalayischen Strandflora (ca. 320) noch gering, zahlreiche typische und weitverbreitete Vertreter der Pes Caprae- und Barringtoniaformation fehlen bis jetzt. Vergeblich suchten wir z. B. zwischen den Spinifexbüschen die auf Edam so häufige schönblätterige *Tacca pinnatifida*. Es fehlen noch die stattlichen Büsche von *Crinum asiaticum,* welche die schattigen Stellen der Barringtoniawälder mit ihren weissen Blüten zieren, und die am sandigen Strande sonst so häufige, hochstaudige *Calotropis gigantea,* eine Asclepiadacee mit grossen violetten Blüten, deren Samen mit langen seidenartig glänzenden Haaren bedeckt sind und diese Pflanze als eine der wenigen auch an Windverbreitung angepassten Pflanzen des Meeresstrandes erkennen lassen. Vor allem aber fehlt dem Strande der Krakatauinseln noch die ganze Pflanzengesellschaft der *Mangrove* mit ihren an morphologischen und ökologischen Merkwürdigkeiten so reichen (ca. 20) Arten. Das Fehlen dieser und anderer typischer Strandpflanzen ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Die einen derselben sind vielleicht an denjenigen Küstenstrecken, von denen vornehmlich Driftfrüchte nach Krakatau getragen werden, nicht oder in geringer Zahl vertreten. Andere dagegen werden zwar an den Strand geworfen, finden aber auf dem bimsstein- und aschenbedeckten Strande nicht die richtigen Lebensbedingungen. Die Früchte und Samen, die wir in der Driftzone von Krakatau und Verlaten Eiland am häufigsten vorfanden, sind dieselben, die bereits in den Listen von Treub und Penzig aufgeführt sind und denjenigen Arten angehören, welche in der neuen Strandflora mit zahlreichen, zum Teil schon selbst fruktifizierenden Pflanzen vertreten sind. Daneben finden sich freilich auch andere, welche, in grosser Zahl angeschwemmt, einzelne Keimpflanzen liefern, dann aber, wie *Nipa fruticans,* nicht heranwachsen, sondern gleich den an den Strand geworfenen grossen Keimlingen von *Rhizophora* zugrunde gehen. Das Fehlen bestimmter Strandpflanzen, wie *Nipa* und der Mangrovepflanzen, deren Keime wohl auf die Inseln gelangen, aber nicht gedeihen, ist auf die besonderen Standortsverhältnisse zurückzuführen. Eine andere Art der Selektion, Vernichtung bestimmter Samen und Früchte des Driftmaterials durch Tiere, im besonderen durch Einsiedlerkrebse und Krabben, wie sie von Schimper[1]) und Guppy[2]) für andere Küsten beschrieben worden ist, scheint hier nicht stattzufinden. Die kleinen, in Schnecken-

[1]) Schimper, A. F. W., Indomalayische Strandflora, pag. 75.
[2]) Guppy, H. B., l. c. pag. 11.

schalen steckenden Einsiedlerkrebse, deren geschäftiges Treiben ich am Strande von Sumbawa und Noesa Kambangan zu beobachten Gelegenheit hatte, fehlen auf Krakatau und Verlaten Eiland. Auch für das Vorkommen von Krabben, welche nach den interessanten Mitteilungen von Guppy am Strande der Kokosinseln sich vorwiegend von den Driftfrüchten und -Samen nähren, ergaben sich auf Krakatau, dessen Name nach früher angeführter Auslegung „Krabbeninsel" bedeuten würde, keine Anhaltspunkte. Während auf den Kokosinseln von den in der Drift vorkommenden entwickelungsfähigen Keimen 50 bis 60 verschiedener Strandpflanzen nur diejenigen von etwa einem Dutzend Arten der Zerstörung durch die Krabben entgehen und infolgedessen trotz reichhaltiger Driftauswürfe nur eine artenarme Strandflora zur Entwicklung gelangt, finden sich auf Krakatau zahlreiche erwachsene Pflanzen auch derjenigen Arten, deren Früchten, Samen oder Keimpflanzen von den Krabben am eifrigsten nachgestellt wird: *Cerbera Odollam, Calophyllum, Carapa, Cocos nucifera*. Überraschend ist besonders die grosse Zahl von Kokospalmen, die jetzt schon auf Krakatau vorkommen. Es finden sich in der Literatur Angaben[1]), nach welchen die Kokosnüsse des Driftmaterials nur selten zur Keimung gelangen; auch findet man anderwärts in der Drift vielfach nur leere Nüsse. Nicht alle sind von Krabben geöffnet worden; die meisten gelangen schon geleert ins Wasser und eine kreisrunde Öffnung von 1 bis 2 cm Durchmesser deutet an, dass die Frucht von den im Archipel so häufig vorkommenden Eichhörnchen ausgefressen worden ist.

2. Samentransport durch Vögel.

Ausser durch das Wasser können einzelne der Strandpflanzen Krakataus durch Vögel auf die Insel getragen worden sein. Die Samen von *Pemphis acidula* haften nach Guppy oft in grosser Zahl im Gefieder von Vögeln fest, welche in den Gebüschen der Küstenvegetation nisten oder hier ihr Nestmaterial suchen; für nicht wenige der Krakataupflanzen dürfte überdies der Samentransport im Magen von Vögeln geschehen sein. In Hemsleys Liste der von Guppy und Mosely[2]) im Kropfe oder im Gedärme früchtefressender Vögel gefundenen unversehrten Samen begegnen wir den nachfolgenden, auch in der Liste der Krakatauflora aufgeführten Namen: *Ximenia americana, Eugenia, Premna, Cassytha filiformis*. Schimper hält den gleichen Verbreitungsmodus bei *Morinda citrifolia* und

---

[1]) Engler, A., Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. II. Pag. 183.

[2]) Hemsley, W. B., l. c. Challenger Reports. Botany. Vol. I. 1. Pag. 43—44.

Scaevola Koenigii für möglich; schliesslich dürften auch die saftigen Früchte von *Clerodendron inerme, Vitex Negundo* und *Vitis trifolia* früchtefressenden Strand- und Waldvögeln als Speise dienen Nach der Beschaffenheit der Früchte ist also für neun der aufgeführten Strandpflanzen Verbreitung durch Vögel, endozoisch, möglich. Die Zahl derselben darf vielleicht noch grösser angenommen werden, wenn berücksichtigt wird, dass die früchtefressenden Vögel nach den Mitteilungen von Guppy und Beccari[1]) in der Auswahl ihrer Nahrung manchmal nicht heikel sind, dass nicht ausschliesslich saftige Früchte als Nahrung dienen und auch eine beträchtliche Grösse der Samen deren Verschlingung nicht hindert. Im Magen von Fregattenvögeln fanden die Bewohner der Keelinginseln vielfach die grossen, kugeligen Samen von *Caesalpinia Bonducella,* einer Leguminose, die ebenfalls der Strandflora von Krakatau angehört. Auch bei früchtefressenden Tauben sollen sich im Kropfe und Magen häufig Samen von ansehnlicher Grösse vorfinden und Beccari gibt an, auf Neu-Guinea im Magen von Casuaren Samen einer Palme, *Orania aruensis,* mit einem Durchmesser von 6 cm gefunden zu haben.

Die Bedeutung des Samentransportes in Kropf und Magen von Vögeln über weite Entfernungen hin wird deswegen vielfach in Frage gestellt, weil die Zeit zwischen Futteraufnahme und Entleerung des Darmes für viele Vögel eine überraschend kurze sein soll. Im Kote von Drosseln fand Kerner[2]) bereits $^{3}/_{4}$ Stunden nach erfolgter Fütterung mit Beeren von *Ribes* zahlreiche Samen derselben. Die Samen von *Sambucus* hatten sogar schon nach $^{1}/_{2}$ Stunde den Darmkanal passiert. Die meisten Samen brauchen zu dieser Wanderung $1^{1}/_{2}$ bis 3 Stunden. Für die Besiedelung der Krakatauinseln würde auch bei ebenso kurzen Verdauungszeiten der namentlich in Betracht kommenden früchtefressenden Tauben eine Mitwirkung immerhin möglich sein, denn manche Vögel fliegen mit einer Geschwindigkeit von 50 km, Tauben sogar mit einer solchen von 80 und mehr Kilometern in der Stunde. So ist nicht ausgeschlossen, dass Vögel, welche an irgend einem Küstenstriche im Gebiete der Sundastrasse Früchte genossen haben, nach weniger als einstündigem Fluge auf den Krakatauinseln mit den Exkrementen auch die verschlungenen, aber nicht verdauten Samen fallen lassen.

Auch von den im Inneren der Insel vorkommenden Pflanzen sind sicher eine ganze Anzahl durch Vermittlung der Vögel auf die Inseln gelangt. Endozoisch, im Magen oder Kropf von beschwingten

---

[1]) Beccari, O., Malesia. Vol. I. Pag. 1.

[2]) Kerner, A., Pflanzenleben. II. Pag. 800.

Besuchern, gelangten hierher vor allem die Samen der verschiedenen Ficusarten. Auch Schimper nimmt diese Art der Ausbreitung für die in den Tiefländern des malayischen Archipels so zahlreich vorkommenden Feigenbäume an, und nach Guppy ist es auf die Verbreitung der Samen durch die fruchtfressenden Tauben zurückzuführen, dass im Inneren der kleinen Koralleninseln des Solomon-Archipels die Feigenbäume mit den *Casuarinen* die häufigsten und wichtigsten Bäume sind. Für *Melastoma polyanthum* ist schon von Penzig[1]) Einschleppung durch Vögel angegeben worden. Von den neueren Kolonisten wird ohne Zweifel auch *Trema amboinensis*, eine *Celtidoidee* mit kleinen saftigen Früchten, zu den zoochoren Elementen der Insel zu rechnen sein. Für die auf Verlaten Eiland vorkommende *Carica Papaya* ist ausser der Verbreitung durch Vögel auch diejenige durch fliegende Hunde (Pteropus) möglich, die wie u. a. aus den Mitteilungen von Forbes (l. c. pag. 34) hervorgeht, ebenfalls zu weiten Flügen über Meer befähigt sind. Da Verlaten Eiland vor Jahren einmal, wenn auch nur für kurze Zeit, bewohnt war, könnte die Einschleppung dieser im Archipel so beliebten Kulturpflanze, wie bereits bemerkt wurde, auch durch den Menschen erfolgt sein.

3. Beförderung von Früchten und Samen durch die Winde.

Von ausserordentlicher Bedeutung für die Entstehung der neuen Krakatauflora ist, wie schon durch den ersten Besuch Treubs in überraschender Weise gezeigt worden ist, das dritte Verbreitungsagens für Früchte und Samen, der Wind. Bevor die Ergebnisse des ersten Krakataubesuches vom Jahre 1886 bekannt wurden, waren über die Mitwirkung des Windes bei der Besiedelung neuen Landes, im besonderen weit entlegener Inseln, die Ansichten geteilt.[2]) Vorherrschend war die Meinung, dass die Verbreitung von Sporen und Samen durch die Luftströmungen nur von lokaler Bedeutung sei und erst durch ihre häufige Wiederholung im Laufe der Generationen von geographischer Bedeutung werde. Ihre Stütze hatte diese Ansicht in zahlreichen Beobachtungen über die Besiedelung neuen Landes auf dem Festlande, wo durch Bergstürze und Überschwemmungen, durch Bildung von Schuttkegeln, Geröllhalden, Gletschermoränen im Gebirge, von Sandbänken in Flussbetten und Flussmündungen, von Lava- und Aschenfeldern an Vulkanen ganz oder nahezu vegetationsloser Boden geschaffen und hernach von den benachbarten Gebieten aus besiedelt wird. Da schon bei geringer Entfernung des Neulandes von vege-

[1]) Penzig, O., l. c. pag. 111.

[2]) s. Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie. 1898. Pag. 90.

tationsbedeckten Gebieten wenigstens im ebenen Lande die Windwirkung vielfach in ihrer Bedeutung für die Verbreitung der Gefässpflanzen hinter andern Faktoren zurücktritt[1]), ist es erklärlich, dass man die Möglichkeit eines Transportes über weite Distanzen, also z. B. die Übertragung von Samen und Sporen auf entlegene Inseln, bezweifelte oder sie höchstens für Sporen zugab. Für die Fernwirkung des Windes sprach allerdings der Umstand, dass die Hauptvegetation vulkanischer Inseln in grösserer Entfernung von Kontinenten vorwiegend aus Farnen besteht und auch das Vorkommen von Farnen und bestimmten Blütenpflanzen auf Koralleninseln nicht wohl anders als durch Vermittlung des Windes zu erklären ist. Es fehlte daher auch nicht an Forschern, welche die Bedeutung der Windwirkung für die Besiedelung solcher Gebiete vollkommen anerkannten. Im besonderen hat Engler[2]) in seinen Arbeiten über die Inselfloren und die Floren der tropischen Hochgebirge die Ansicht vertreten, dass leichte Samen in den höheren Luftschichten durch zeitweise heftige Winde über grosse Strecken hinweg transportiert werden. In seiner vergleichenden Betrachtung der Floren der grösseren Inseln im stillen Ozean, im besonderen der Sandwichinseln, kommt er auf Grund seiner Studien über die Verbreitungsmittel von Früchten und Samen der Pflanzen zu dem Schlusse, dass z. B. von den 675 Arten der Sandwichinseln für 140 Sporen- und 14 Samenpflanzen Verbreitung der Keime durch den Wind, für 322 Verbreitung durch Vögel (für 56 Arten durch Küstenvögel, für 241 im Darmkanal von Vögeln und für 26 im Gefieder derselben) möglich ist. Aus der Tatsache, dass von den 669 einheimischen Arten der Sandwichinseln nicht weniger als 500 (74,6 %) endemisch sind, geht allerdings hervor, dass nur äusserst selten Samen, sowohl durch Wind wie Vögel, über solch weite Entfernungen, wie sie für die Sandwichinseln in Betracht kommen, getragen werden. Auf die Bedeutung des Windes für die Verbreitung von Pflanzen im malayischen Archipel hat vor Treub schon Beccari[3]) hingewiesen

[1]) In den Alpen, wo Standortsverschiebungen viel häufiger vorkommen als in der Ebene, sind die anemochoren Arten (d. h. diejenigen, bei welchen die Samenverbreitung durch den Wind erfolgen kann) im Vorsprung, wie Vogler (Über die Verbreitungsmittel der schweizerischen Alpenpflanzen. Flora. 89. Bd. 1901. Pag. 73 d. Sep.-Abdr.) besonders schön am Beispiele des Vordringens der Vegetation auf dem durch den Rückzug des Rhonegletschers frei gewordenen Terrain zahlenmässig nachwies.

[2]) Engler, A., Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, II. Teil. Die extratropischen Gebiete der südlichen Hemisphäre und die tropischen Gebiete. Leipzig 1882.

Engler, A., Über die neueren Fortschritte der Pflanzengeographie (seit 1899) pg. 90.

[3]) Beccari, O., Malesia. Vol. I. Fasc. III. 1878. Pag. 214—238.

— — Beiträge zur Pflanzengeographie des malayischen Archipels (im Auszuge mitgeteilt von A. Engler), Botan. Jahrbücher I. Bd. 1881.

und zwar auf Grund der Wahrnehmung, dass eine grössere Anzahl von Arten in ihrem Vorkommen auf Berggipfel beschränkt ist, die bis 3200 km voneinander entfernt liegen, und dass ferner auch nahe verwandte Arten nur in grosser Entfernung voneinander vorkommen. Im malayischen Archipel befinden sich nach Beccari die Berggipfel in einer Region, in welcher während eines Teiles des Jahres, besonders vom November bis April zur Zeit des Westmonsuns, die Winde von andauernder Heftigkeit und konstanterer Richtung sind als in den unteren Regionen und an der Küste des Meeres. Es ist also wohl möglich, dass der Nordwestmonsun, Staub und auch kleine staubartige Samen aus den westlichen Teilen des Archipels mit sich führend, dieselben auf den Gipfeln der östlicheren Inseln wieder absetzt. Beccari erinnert hierbei an die grossen Entfernungen, welche vulkanische Aschen (Ausbruch des Tamboro auf Sumbawa im Jahre 1815) unter dem Einfluss der in den höheren Regionen treibenden Luftströmungen zurücklegen können, und teilt auch einige Zahlen mit, welche eine Vorstellung von der Leichtigkeit derjenigen Samen geben, deren Transport durch Winde er annimmt. Ein Same von *Nepenthes phyllamphora* wiegt 0,000 035 g, von *Rhododendron verticillatum* 0,000028 g, von *Dendrobium attenuatum* 0,000 00565 g. Da im malayischen Archipel der Nordwestmonsun von grosser Intensität ist, so sei leicht einzusehen, warum sich auf den Berggipfeln der Molukken und von Neu-Guinea *Rhododendron*, *Nepenthes* und andere den Gebirgen westlicher Gebiete eigentümliche Pflanzen vorfinden und auf den Gebirgen Javas, wie z. B. auf dem Pangerango, zahlreiche Pflanzen der alpinen indischen Region (*Gentiana quadrifaria* Bl., *Ranunculus javanicus* Reinw., *Ranunculus diffusus* DC., *Valeriana javanica* Bl., *Primula imperialis* Jungh., *Gnaphalium javanicum* Reinw. u. a. m.) vorkommen. Sie sind nach Beccari durch den Nordwestmonsun, zum Teil auch durch Vögel aus westlicheren Gegenden, zunächst von Sumatra und dorthin von den Gebirgen Indiens gebracht worden.[1]) Auch für das schweizerische

[1]) Beccari misst also im besonderen dem vom November bis April wehenden Nordwestmonsun eine grosse Bedeutung zu für die Übertragung von Samen und zwar aus den westlichen Teilen des Archipels nach den östlichen Inseln. Hiermit lassen sich die Junghuhnschen Beobachtungen über das Verhältnis der Monsunwinde auf Java nicht in Einklang bringen. Der West- oder Nordwestmonsun, der in den Monaten Dezember bis Februar in Java das Gewölk herantreibt, soll sich nach Junghuhn nur bis zu einer geringen Höhe über Meer, höchstens bis zu 1600 m an den Abhängen der Berge ausdehnen, dagegen der Südostpassat in allen Luftschichten oberhalb 2000 m das ganze Jahr hindurch wehen. Während des Zeitraums von 12 Jahren, während welcher er der Richtung, in der die Dampfwolken der Vulkane als meilenlange Streifen durch die Atmosphäre ziehen, seine Aufmerksamkeit geschenkt habe, seien dieselben stets nach W., WNW., zuweilen WSW

Alpengebiet ist in neuerer Zeit durch Vogler[1]) die Möglichkeit des Windtransportes über grosse Distanzen nachgewiesen worden. Auf Grund zahlreicher Angaben über den Transport von Blättern etc. auf Gletscher und Schneefelder und Bestimmung des nächsten normalen Standortes der betreffenden Pflanzen kommt Vogler zum Schluss, dass bei Sturmwinden im Alpengebiet ein Transport von Samen über Distanzen von 20 km möglich ist. Als Beleg für die Wahrscheinlichkeit noch grösserer Transportdistanzen, selbst für ziemlich schwere Samen und Früchte, führt er den merkwürdigen Salzhagel am St. Gotthard vom 30. August 1870 an, bei welchem Salzkristalle mit einem Gewicht bis zu 0,76 g fielen, die durch Windströmungen von Nordafrika oder doch von den nächsten Punkten der Meeresküste, also 1000 oder mindestens 250 km weit hergetragen wurden.[2])

Den schönsten Beweis für Transport von Pflanzenkeimen über grosse Distanzen bilden aber die Angaben über die Wiederbesiedelung Krakataus. Hier stehen grosse Transportdistanzen völlig sicher, denn die nächste vegetationtragende Insel, Sebesi, liegt 18,5 km, die nächsten Punkte von Java und Sumatra sind 40,8 und 37,1 km entfernt.

Die Ergebnisse der Treubschen Durchforschung der Insel im Jahre 1886 sind bereits eingangs (pag. 295) besprochen worden. Die erste Besiedelung des Vulkankegels, überhaupt des Inselinnern, ist in ganz anderer Weise als diejenige des Strandes und zwar fast ausschliesslich durch Windtransport von Pflanzenkeimen erfolgt. Durch die Luftströmungen sind Keime blaugrüner Algen, Bakterien, Diatomeen, die Sporen von Leber- und Laubmoosen, von Farnen und schliesslich auch die Samen von mindestens 6 der 8 Phanerogamen,

---

und niemals nach O. gezogen, auch dann nicht, wenn in den Monaten Januar und Februar ein starker W.- oder WNWwind das trübste Regengestöber über die niedrigen Alluvialflächen hinblies. Der Einfluss des Westwindes dehnt sich also nach Junghuhn niemals bis in die Zone von 2000 m hinauf aus. (Junghuhn, F., Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart. Leipzig 1852. Bd. I. pag. 165.

Auch Verbeek (Krakatau. II. Teil, pag. 149) gibt an, dass in Java der Wind in den höheren atmosphärischen Schichten konstant von Osten (SO., O. und seltener NO.) weht und zwar unabhängig davon, ob in tieferen Luftschichten der Ost- oder Westwind weht. Als untere Grenze dieses Höhenwindes nimmt er ebenfalls 2000 m an. Er ist ferner der Ansicht, dass die Geschwindigkeit desselben mit der Höhe zunehme und berechnet sie aus den Erscheinungen des Aschentransportes beim Krakatauausbruch für die Höhe von 50 km auf 121 km per Stunde.

[1]) Vogler, P., Über die Verbreitungsmittel der schweizerischen Alpenpflanzen. Flora. Bd. 89. 1901. Sep.-Abdr. pag. 81 u. f.

[2]) Ein ähnliches Vorkommnis aus neuerer Zeit ist der Steinregen von Trélex (1906), bei welchem es sich um Transport von erbsen- bis haselnussgrossen, weissen Quarzgeröllen aus einer quarzreichen Gegend (Südfrankreich oder Spanien) durch Luftströmungen handelt. Eine ausführliche Mitteilung über diesen Steinregen wird Dr. L. Rollier in den „Verhandlungen der Schweiz. naturforsch. Gesellschaft, Freiburg 1907“ veröffentlichen.

welche Treub im Innern fand, auf die Insel getragen worden. Die erste Besiedelungsperiode war charakterisiert durch das Vorherrschen der Farne, die mit 11 im indomalayischen Gebiete weit verbreiteten Arten vertreten waren. Seither ist eine beträchtliche Vermehrung der Zahl anemochorer Arten erfolgt, an welcher neben den Farnen besonders die Familien der Gramineen, Cyperaceen und Orchideen Anteil haben.

Penzig nimmt an, dass von den bis 1897 auf der Krakataugruppe gefundenen Pflanzen alle Kompositen (8 Arten: *Wedelia asperrima, Wedelia scabriuscula, Blumea balsamifera, Blumea hieracifolia, Pluchea indica, Vernonia cinerea, Emilia sonchifolia, Wollastonia* spec.), ferner 5 Gramineen *(Gymnothrix elegans, Phragmites Roxburghii, Imperata arundinacea, Saccharum spontaneum, Pogonatherum crinitum)* und die 4 Orchideen *(Spathoglottis plicata, Vanda Sulingi, Arundina speciosa* und *Phajus* spec.), also im Ganzen 17 Arten (32% der Gesamtflora) auf Flügeln des Windes den Inseln zugetragen worden seien. Die Cyperaceen *(Cyperus digitatus, Fimbristylis spathacea, Lipocarpha foliosa)* teilt er mit den beiden Gräsern *Spinifex squarrosus* und *Ischaemum muticum* der Gruppe der „roophilen", d. h. durch Wasserströmungen verbreiteten Arten zu. Im April 1906 gehörten dem Florenbestande der 3 Inseln 12 Kompositen (seit 1897 hinzugekommen: *Conyza angustifolia, Conyza indica, Erechthites hieracifolia, Wedelia glabrata; Senecio* spec.[1]), 6 Gramineen *(Ischaemum* und *Spinifex* nicht einbezogen; seit 1897 neu hinzugekommen *Pennisetum elegans)*, 4 Cyperaceen (neu: *Mariscus umbellatus*) und 5 Orchideen (neu: *Cymbidium Finlaysonianum)* an. Für alle diese 28 Arten (30% der Phanerogamenflora) ist Übertragung durch Windtransport, für einzelne auch durch die anderen verbreitenden Agentien möglich und bei der Besiedelung von Krakatau vielleicht erfolgt. Von diesen 28 vermutlich anemochoren Arten kommen einzelne auch in der Strandvegetation von Krakatau vor und werden auf Java und Sumatra nicht nur im Binnenland, sondern ebenso häufig am Strande getroffen. Die Verbreitung ihrer Früchtchen durch das Wasser ist also nicht von vornherein ausgeschlossen, zum mindesten nicht für Vertreter wie *Conyza indica*, die *Blumea-*, *Wedelia-* und *Wollastonia*arten, die am Strande besonders häufig sind und z. B. von Schimper zu den typischen Strandpflanzen gerechnet werden. Auch in der Flora der auf unserer Exkursion besuchten Insel Edam und den Küstenpunkten Javas und Sumatras waren Kompositen nicht

[1]) *Senecio* spec., vermutlich auch *Conyza indica, Conyza angustifolia* schon 1886 durch Treub aufgefunden. (l. c. pag. 218: „deux espèces de *Conyza*".)

selten; auf Edam fanden wir deren 6 (worunter 2, *Vernonia cinerea, Wedelia glabrata,* gemeinsam mit Krakatau), in Vlakke Hoek die überall am Strande verbreitete *Wedelia glabrata,* in Javas 4. Punkt deren 4 (worunter 3, *Blumea balsamifera, Wedelia glabrata* und *Vernonia cinerea* gemeinsam mit Krakatau). Auch von den in der Liste aufgeführten Gramineen kommen einzelne nicht nur auf Krakatau, sondern auch auf Java, Sumatra etc. häufig in der Küstenflora vor und von Hemsley wird z. B. *Imperata arundinacea* unter die Strandpflanzen mit Verbreitung durch die Meeresströmungen eingereiht. Dagegen hält er diese letztere Verbreitungsart von Kompositen für fraglich, während andererseits Schimper hervorhebt, dass die Früchtchen der meisten Strandkompositen und auch derjenigen Art mit grösster überseeischer Verbreitung, *Wedelia biflora,* ohne Pappus sind und daher die Windverbreitung derselben wenig wahrscheinlich sei. Wir gehen kaum fehl, wenn wir mit Schimper für einzelne der Strandkompositen Verbreitung durch die Meeres-Strömungen nicht ausschliessen, dagegen sein Argument gegen die Windverbreitung als nicht stichhaltig bezeichnen. Bei der Verbreitung von Samen oder Früchten über weite Strecken durch starke Winde kommt weniger die besondere Flugausrüstung als das geringe Gewicht der Samen in Frage. Je grösser die Geschwindigkeit eines Windes ist, um so wirksamer ist derselbe für den Samentransport. Samen, die in der schweizerischen Mittelebene dem Winde noch Widerstand leisten, oder nur über kurze Strecken hin mitgeführt werden können, werden nach Vogler in grösserer Höhe, wo die Windgeschwindigkeit eine bedeutendere ist, weiter getragen. Die obere Gewichtsgrenze der flugfähigen „leichten Samen" ist in höheren Lagen mit ihren heftigen Winden höher anzunehmen als im Tale, wo mässige Winde vorherrschen. Für Windstärken von 30 m per Sekunde, wie sie in den Alpen vorkommen, hält Vogler besondere Flugapparate kaum mehr für nötig. Solche Windstärken sind nun bei den Stürmen im indomalayischen Gebiete nichts Seltenes. Ein Transport von leichten Samen und Früchten ohne andere Anpassung an die Windverbreitung, als sie im leichten Gewicht gegeben ist, ist also auch im Gebiete der Sundastrasse nicht ausgeschlossen. Immerhin geht aus den Befunden auf Krakatau hervor, dass auch bei Transporten über grosse Distanzen die mit Flugapparaten ausgerüsteten Arten (Pappusbildungen der Kompositen, haarförmige Flugorgane der Gramineen, Samen mit häutigem Saum wie bei den Orchideen) doch bevorzugt sind. Ganz leichte und der Windverbreitung besonders angepasste Samen, wie diejenigen der Orchideen, die Sporen der Farne und der anderen Kryptogamen, werden wohl schon durch

die gewöhnlichen Passatwinde mitgeführt, während die grösseren, schwereren und zum Teil besonderer Flugeinrichtungen entbehrenden Früchtchen der Kompositen, Gramineen und Cyperaceen, wenn sie tatsächlich durch Windwirkung auf die Inseln gelangt sind, durch die heftigeren Stürme und Cyklone verbreitet worden sein müssen.

4. Anteil der einzelnen Verbreitungsagentien an der Entstehung der gegenwärtigen Krakatauflora.

Aus der vorstehenden Betrachtung über die Bedeutung der Verbreitungsagentien pflanzlicher Keime für die Besiedelung der Krakatau-Inseln geht hervor, dass die Einteilung der bis jetzt gefundenen Pflanzen nach ihren Verbreitungsmitteln und Verbreitungsagentien nicht leicht ist und keineswegs eine scharfe sein kann. Sieht man von den 5 Orchideen ab, für welche die Übertragung durch die Luftströmungen am wahrscheinlichsten ist, die anderen Verbreitungsagentien (wie z. B. in Spalten von Baumstämmen) aber immerhin nicht vollständig ausgeschlossen sind, so sind für die anderen vermutlich anemochoren Pflanzen auch noch Verbreitung der Samen oder vegetativer, reproduktionsfähiger Teile im Wurzel- oder Astwerk von Treibholz, für die Gramineen und Cyperaceen, die an der Küste vielfach auch in sumpfigen Gebieten vorkommen, an den Füssen und im Federkleide von Schwimm- und Sumpfvögeln möglich. Auch für die Strandpflanzen kommt, wie ausgeführt worden ist, ausser der charakteristischen und für viele sicher festgestellten direkten Verbreitung der Früchte und Samen durch die Strömungen die indirekte auf Treibholz, auf angespülten, mit Sand und Samen beladenen Bimssteinen, für einzelne auch Verbreitung durch Vögel in Frage. Von der Gesamtzahl der bis 1906 auf der Inselgruppe gefundenen Phanerogamen sind sicher 36 (39%) durch die Meeresströmung auf die Insel gelangt. Werden auch diejenigen Strandpflanzen Krakataus einbezogen, die Gattungen mit sehr bekannten halophilen Arten angehören, und diejenigen typischen Strandpflanzen, für welche Übertragung durch Vögel nicht ausgeschlossen ist, werden ferner die strandbewohnenden Kompositen, Gräser und Cyperaceen mitgerechnet, bei welchen ausser der Verbreitung durch Wind und Vögel auch die durch Meereströmungen möglich ist, so steigt die Anzahl der in dieser Gruppe zu vereinigenden Pflanzen auf 67 oder 72% der Gesamtzahl.

Auch die Anzahl der durch Vögel eingeschleppten Pflanzen ist nicht genau festzustellen. Wohl ziemlich sicher steht diese Art der Übertragung für die pag. 350 angeführten, namentlich im Binnenlande vorkommenden 9 Arten (10% der Gesamtzahl), möglich ist sie noch

für 9 Arten aus dem Verzeichnis der Strandpflanzen, insgesamt also für 18 Arten oder 19% der Gesamtflora, wobei der gar nicht zu übersehende Anteil der Sumpf- und Schwimmvögel an der Verbreitung der Gramineen und Cyperaceen nicht berücksichtigt worden ist.

Ebenso unsicher sind Angaben über die Anzahl anemochorer Arten. Werden nur die Orchideen, die Gramineen mit Ausschluss von *Spinifex* und *Ischaemum*, von den Cyperaceen *Mariscus umbellatus* mitgerechnet und von den Kompositen alle ausgeschlossen, welche am Strande vorkommen, so beträgt ihre Anzahl 15 Arten oder 16%, mit Einrechnung aller Kompositen und aller 4 Cyperaceen 28 Arten oder 30% der Gesamtzahl.

Wie aus den in der Florenliste enthaltenen Angaben über die Verbreitung der einzelnen Arten hervorgeht, gehören sie fast ohne Ausnahme zu den Ubiquisten des Tropengürtels oder doch des malayischen Archipels. Der Versuch, die wenigen nicht allgemein verbreiteten Arten unter Berücksichtigung der herrschenden Meeresströmungen und Windrichtungen von Java, Sumatra oder der übrigen Inselwelt abzuleiten, bleibt, besonders weil die in Betracht kommenden Teile von Java und Sumatra wie auch die übrigen Inseln der Javasee und der Sundastrasse floristisch zu wenig bekannt sind, gegenwärtig noch resultatlos.

Von der Gesamtzahl der Phanerogamen sind also je nach der Art der Berechnung 39 bis 72% durch die Meeresströmungen, 10 bis 19% durch die Vögel und 16 bis 30% durch die Luftströmungen auf die Inseln getragen worden. Die Bedeutung des Transportes von Keimen durch die Winde erscheint erst im richtigen Lichte, wenn wir berücksichtigen, dass auch die Farne mit 16 Arten, ferner die niederen Kryptogamen fast ohne Ausnahme (s. Polystictus pag. 346) durch dasselbe Verbreitungsagens befördert worden sind. Von der Zahl der Gefässpflanzen bilden die anemochoren Arten (25 Blütenpflanzen, 16 Farne) 37%. Die grosse Zahl der Farne und der übrigen Kryptogamen ist offenbar darauf zurückzuführen, dass die Verbreitung ihrer Keime schon durch die gewöhnlich im Gebiete herrschenden Winde über Entfernungen von ungefähr 30 km hin erfolgt, während für sehr weit abgelegene Inseln auch die Übertragung leichtester Keime nur durch ungewöhnlich starke Winde, also verhältnismässig selten zu erfolgen scheint. Hierfür spricht z. B. die Tatsache, dass auf den Kokosinseln, die mit Krakatau eine grössere Anzahl von Phanerogamen gemein haben, die Farne merkwürdigerweise ganz fehlen und von den drei Besuchern der Inseln (Darwin, Forbes, Guppy) überhaupt nur drei Kryptogamen, ein Laubmoos *(Hypnum fuscens* Hook et Arn.), ein Pilz *(Polyporus luridus* Fries) und eine Flechte, gefunden worden sind.

VI. Bildung von Pflanzengesellschaften und zukünftige Gestaltung des Vegetationsbildes von Krakatau.

Nicht weniger überraschend als die bedeutende Zahl und die Mannigfaltigkeit der Arten der neuen Krakatauflora ist die ziemlich vorgeschrittene Differenzierung des Pflanzenkleides in Pflanzengesellschaften, Formationen. Schon 1897 hatte, wie Penzig berichtet, die Bildung der Pflanzengesellschaften begonnen. Am Strande herrschten die Pflanzen der Pes Capraeformation vor. Die Pflanzenwelt des Inselinneren zeigte den Charakter einer Grassteppe. An den Abhängen des Kegels dominierten die Farne. Seither hat sich das Vegetationsbild wieder wesentlich geändert. Die Strandflora ist in zwei Formationen geschieden. Ein äusserer Gürtel von wechselnder Breite, hier und da bis zur Flutlinie sich ausdehnend, besteht aus niederen kriechenden Gräsern und Kräutern, Büschen und Sträuchern, der eigentlichen Pes Capraeformation. Hinter derselben erhebt sich der Strandwald (Barringtoniaformation), der in seiner Zusammensetzung noch nicht die Mannigfaltigkeit und die düstere Pracht des Barringtonia-Strandwaldes an den Küsten Javas und Sumatras erreicht hat noch auch sobald erreichen wird. Beide Strandformationen sind noch nicht geschlossen. Durch die Lichtungen des Strandwaldes hindurch dringen die Gräser, Cyperaceen, Farne und Kompositen der inneren Grassteppe bis zu den niederen Ipomaea- und Spinifexrasen vor, während andererseits Gruppen von Strandpflanzen selbst noch 300 bis 500 m landeinwärts vorkommen. So befindet sich die schöne Gruppe hoher Kokospalmen (pag. 319) etwa 400 m innerhalb der Strandlinie. Auch Gruppen älterer Exemplare von *Barringtonia*, *Calophyllum*, *Casuarina* finden sich in verschiedenen Abständen von der Küste, andere, jüngere Kokospalmen und Pandanusgebüsche sind dagegen dem Strande so nahe, dass ihre Stämme zur Flutzeit von den Wellen umspült werden. Die Strandvegetation ist an der Südwestecke von Krakatau, wo sie am weitesten gediehen ist, aus Beständen verschiedenen Alters zusammengesetzt, von denen die ältesten am meisten landeinwärts, die jüngsten dagegen an der Flutlinie stehen. Diese Verteilung der jungen Litoralflora über einen verhältnismässig breiten Gürtel findet ihre Erklärung am ehesten in der Annahme einer allmählichen Grössenzunahme der Insel in diesem Strandgebiete, einer im Laufe der Jahre erfolgten beträchtlichen Verschiebung der Strandlinie nach aussen. Schon in den ersten Monaten nach dem grossen Ausbruch erfolgten, wie durch die Messungen von Verbeek festgestellt wurde, in der ganzen Umgebung der Krakatauinseln starke Niveauveränderungen

des Meeresbodens. Ein Teil der ins Meer gefallenen Bimsstein- und Aschenmassen wurde bei heftig bewegtem Meere hin und her verschoben. Einzelne kurz nach dem Ausbruche über die Oberfläche emporragende Sandbänke verschwanden wieder völlig, während an anderen Orten das leicht bewegliche Material zu neuen unterseeischen Bergen und Bänken aufgehäuft oder an den Strand der drei Inseln gespült wurde. So ist namentlich an der Süd- und Westküste von Krakatau und an der Südküste von Verlaten Eiland das flache Strandgebiet bedeutend vergrössert worden. Seither haben diese Materialablagerungen am Strande, wenn auch in schwächerem Masse, angedauert. Es ist augenscheinlich, dass die ältesten Strandpflanzen, die aus den in der Drift der ersten Jahre enthaltenen Samen und Früchten hervorgegangen sind, nach und nach vom Strande durch eine immer breiter werdende Zone getrennt wurden und dass während dieser Strandverschiebung in der jeweiligen Driftzone mit den Bimssteinmassen stets neue Keime zur Entstehung des jetzigen von Lücken durchbrochenen Strandwaldes gelandet worden sind. Natürlich ist bei der Entstehung desselben die Mitwirkung anderer Faktoren, welche sonst bei der Besiedelung von Koralleninseln oder anderen Küstenstrichen zuweilen eine Verbreitung von Strandpflanzen oberhalb der eigentlichen Driftlinie ermöglichen, nicht ausgeschlossen, immerhin im Vergleich zu der bereits versuchten Erklärung weniger wahrscheinlich. So ist z. B. eine Verschleppung der angeschwemmten Früchte und Samen aus der Drift landeinwärts durch Tiere bei dem gegenwärtigen Bestande der Tierwelt Krakataus nicht wohl anzunehmen. Immerhin ist ja anderwärts festgestellt worden, dass auch Saurier, Eidechsen und Schildkröten, also Tiere, die z. T. auf der Insel schon vorkommen, wesentlich zur Pflanzenverbreitung beitragen. Beccari z. B. berichtet, dass er grosse Quantitäten von Pandanaceenfrüchten im Magen von Lophura amboinensis gefunden habe, und dass auf Borneo einzelne Schildkröten regelmässig die Früchte eines Durio verspeisen und die Samen mit den Exkrementen wieder abgeben. Dagegen ist die Mitwirkung von Krabben, durch welche nach Guppy auf den Kokosinseln die Keime einzelner Pflanzen, im besonderen von *Morinda citrifolia*, *Hernandia peltata* und *Cordia subcordata*, über das Innere der Inseln verbreitet werden, ausgeschlossen, da ja gerade diejenigen Samen und Früchte *(Cocos, Barringtonia, Calophyllum, Pandanus)* am weitesten landeinwärts transportiert worden sind, die von den Krabben am eifrigsten aufgesucht werden und ihren Angriffen am wenigsten entgehen.

Hinter dem Strandwalde werden das flache, gegen den Fuss des Kegels leicht ansteigende Terrain wie auch die untersten Gräte und

Schluchten des Berges noch wie vor zehn Jahren vornehmlich von den *Gräsern, Cyperaceen* und *Compositen* eingenommen, während die *Farne* schon etwas zurücktreten. Von den Phanerogamen des Strandes fand Treub erst zwei Vertreter, *Scaevola Koenigii* und *Tournefortia argentea*, im Innern vor. Seither sind die Bäume und Sträucher auch hier, in dem steppen- oder steinwüstenähnlichen Gebiete, zahlreicher geworden. Sie sind vom Strandwalde aus in Gruppen oder einzeln über die Ebene vorgedrungen und, wie früher beschrieben worden ist, in den Schluchten des Kegels zu grösseren waldartigen Beständen vereinigt.

Wird die weitere Entwicklung der jetzigen Krakatauvegetation nicht durch neue vulkanische Ausbrüche unterbrochen, so dürfte die Insel mit Ausnahme der schroffen Absturzwände im Laufe der nächsten 50 bis 60 Jahre — innerhalb einer ähnlichen Zeitdauer hat sich der Vulkan Tamboro auf der Insel Sumbawa wieder mit einem dichten Wald bedeckt — völlig überwaldet sein. Am Strande werden zunächst infolge der Ausdehnung der waldartigen Bestände die mit Kräutern und Stauden überdeckten Lichtungen verschwinden. Vielleicht erstehen während der Bildung einer geschlossenen Barringtoniaformation unter dem Zuwachs von Arten, der in Zukunft noch erfolgen wird, einzelnen bisherigen Vertretern scharfe Konkurrenten. Die endgültige Gestaltung und Zusammensetzung der Formation wird wie anderwärts unter Reduktion der Artenzahl stattfinden. Weniger gut angepasste Formen verschwinden oder werden gegen den Strand hin gedrängt, wo sie sich unter die Bestandteile der Pes Capraeformation mischen und dieselben an einzelnen Stellen verdrängen. Eine fast ungehinderte Verbreitung der im hohen Barringtoniawald nicht mehr fortkommenden niederen oder langsam wachsenden Bäume und Sträucher ist landeinwärts möglich. Im besonderen werden diejenigen bisherigen „fakultativen" Strandbewohner bald auf das Innere der Insel übergehen, deren Samen oder Früchte, ohne zu den eigentlich anemochoren zu gehören, vom Winde doch über kleine Strecken landeinwärts getragen werden können, ferner die anderen, deren Früchte, wie z. B. diejenigen der verschiedenen Ficusarten, den Vögeln eine willkommene Speise gewähren. Vielleicht setzt sich der Wald in der Hauptschlucht des Bergabhanges schon jetzt aus diesen Bestandteilen der Küstenflora zusammen, vielleicht auch werden zukünftige Besucher der Insel dort noch zahlreiche weitere Pflanzen vorfinden, deren Keime ebenfalls durch Vögel, insbesondere aber durch den Wind nicht von den Strandpartien Krakataus, sondern von der umgebenden Inselwelt zugeführt worden sind. Namentlich ist zu erwarten, dass hier oben später Pflanzen gefunden werden, die nicht, wie die meisten

der von uns gesammelten, der Strandvegetation und den Niederungen der umgebenden Inseln, sondern den höheren Regionen der javanischen und sumatranischen Gebirge entstammen, deren leichte Samen durch die in den höheren Regionen herrschenden starken Luftströmungen, insbesondere durch den während des grössten Teiles des Jahres wehenden Südost, von den hohen Vulkankegeln Javas hergetragen worden sind. Zu erwarten sind vor allem diejenigen anemochoren und zoochoren Arten, welche auch auf Java und Sumatra die nach Ausbrüchen vegetationslos gewordenen Vulkankegel wieder besiedeln. Hier finden sich, wie Schimper[1]) am Goenong Goentoer konstatierte und wie ich in einer weiteren Veröffentlichung über die Besiedelung vulkanischen Bodens im malayischen Archipel (Gedeh, Pangerango, Papandajan, G. Goentoer, Dieng- und Tenggergebirge auf Java, Merapi und Singalang auf Sumatra) ausführen werde, ausser Gräsern, Cyperaceen, Farnen, Orchideen, auch strauch- und baumartige Phanerogamen mit Windverbreitung der Samen und Früchte, im besonderen *Rhododendron-* und *Gnaphaliumarten*, während die Übertragung anderer, *Vaccinium*, *Gaulteria*, *Myrica*, *Aralia* usw., vorwiegend durch Vögel stattfindet. Viele der zuletzt genannten Pflanzen, welche im Walde als Epiphyten leben, werden auf vulkanischem Boden, wo die Konkurrenz anderer Pflanzen zunächst gering ist, wiederum zu Bodenpflanzen und gehen erst später, wenn das Pflanzenkleid dichter wird und baumartige Pflanzen das Feld behaupten, wieder zur epiphytischen Lebensweise über. In dem nach oben und unten sich ausdehnenden Bergwalde werden nach und nach auch neue Existenzbedingungen geschaffen. Sporen von Kryptogamen und Samen von Blütenpflanzen, die jetzt auf der Insel noch nicht die zum Keimen und Gedeihen notwendigen Bedingungen finden, liefern später neue Florenbestandteile. Lianen, epiphytische Moose, Farne, Orchideen stellen sich ein. Die Felsen des Bergabhanges überkleiden sich an beschatteten Stellen mit Lebermoosen und Laubmoosen, an sonnigen Stellen siedeln sich auf denselben Flechten an. Das modernde Laub am Waldboden durchwuchern die Mycelien von Schimmelpilzen und der im Archipel so häufigen Phalloideen und Agaricineen. Vielleicht finden auch die bleichen Fäulnisbewohner aus der Abteilung der Blütenpflanzen sowie Schmarotzer des Ast- und des Wurzelwerkes hierher ihren Weg.

Der Mensch wird in diesen Entwicklungsgang weder hemmend noch fördernd stark eingreifen. Noch sind die westlichen Gebiete Javas, der ganze Süden Sumatras wenig bevölkert, noch liegt in

[1]) Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie. 1898. Pag. 201.

diesen Gegenden überall viel fruchtbarer Boden für fleissige Hände brach und Krakatau wird noch lange Zeit wie vor der grossen Eruption unbewohnt bleiben und höchstens dann und wann von einigen Fischern oder auch von Forschern zu kurzem Aufenthalte besucht werden. Ein immer grösser werdender Teil der Insel wird sich vom Strande und von den Abhängen des Berges aus mit Wald überdecken, die Grassteppe der mittleren Zone wird schmäler und schmäler werden und zuletzt verschwinden. Erst sehr spät aber wird auf der verwüsteten Insel das Pflanzenkleid wieder in derjenigen Mannigfaltigkeit und Fülle erstanden sein, wie sie uns entgegentritt in dem Machtvollsten, was die Natur geschaffen hat, im Urwald der Tropen.

Literaturverzeichnis.

Beccari, O., Malesia. Vol. I. Fasc. III. 1878.
— Beiträge zur Pflanzengeographie des malayischen Archipels (im Auszuge mitgeteilt von A. Engler), Botan. Jahrbücher I. Bd. 1881.
Blume, C. L., Bijdragen tot de Flora van Nederlandsch Indie. Batavia 1825.
— Enumeratio Plantarum Javae et Insularum adjacentium. Haag 1830.
— Flora Javae 1829.
Boerlage, J. G., Handleiding tot de Flora van Nederlandsch Indie I—III. Leiden 1890—1900.
Boguslawski, G. v., und Krümmel, O., Handbuch der Ozeanographie. I. Bd. 1884. II. Bd. 1898.
Christ, H., Die Farnkräuter der Erde. Jena 1897.
Engler, A., Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. II. Teil. Die extratropischen Gebiete der südlichen Hemisphäre und die tropischen Gebiete. Leipzig 1882
— Über die neueren Fortschritte der Pflanzengeographie (seit 1899).
— Syllabus der Pflanzenfamilien. 4. Aufl. Berlin 1904.
Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien. I. Teil, 4. Abteilg. bis IV. Teil, 5. Abteilg.
Forbes, O., Wanderungen eines Naturforschers im malayischen Archipel von 1878—1883. I. Bd. Jena 1886.
Goebel, K., Pflanzenbiologische Schilderungen. Bd. 1. Marburg 1889.
Guppy, H. B., The dispersal of plants, as illustrated by the Flora of the Keeling or Cocos Islands. Sep.-Abdr. 1890.
— The Solomon-Islands. London 1887.
Hann, J., Handbuch der Klimatologie. II. Bd. Stuttgart 1897.
— Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1901.
Hemsley, W. B., Report on present state of Knowledge of various Insular Floras. Introduction to the first three Parts of the Botany of the Challenger Expedition, Botany. Vol. I.
Hooker, J. D., Flora of British India. Vol. I—VII. London 1875—1897.
— W. J., Species filicum. Vol. I—V. London 1846—1864.
Kerner, A., Pflanzenleben. II. Leipzig und Wien. 1891.

Koorders, S. H., Notizen über die Phanerogamenflora von Java (IV). Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië. Bd. 60. 1901.

— u. Valeton, Th., Bijdragen t. d. Kennis d. Boomsorten of Java. No. I—X. 1873—1904.

Kruyff, E. de, Sur une bactérie aérobe, fixant l'azote libre de l'atmosphère: Bacterium Krakataui. Bulletin du Dep. de l'agriculture aux Indes néerlandaises. No. IV. (Mikro-Biologie II.) Buitenzorg 1906.

Miquel, F. A. W., Flora van Nederlandsch Indie mit Suppl.: Prodromus florae Sumatranae. Amsterdam 1855—60.

Neumayer, G. (Direktion der deutschen Seewarte), Segelhandbuch für den indischen Ozean. Hamburg 1892.

Neumayer, G., Anleitung zu wissenschaftl, Beobachtungen auf Reisen. III. Aufl. 1906.

Penzig, O., Die Fortschritte der Flora des Krakatau. Annales du jardin botanique de Buitenzorg 1902. II. série, Vol. III.

Schimper, A. F. W., Die Indomalayische Strandflora. Jena 1891.

Semon, R., Im australischen Busch und an den Küsten des Korallenmeeres. 2. Aufl. Leipzig 1903.

Smith, J. J., Die Orchideen von Java. Leiden 1905.

Raciborski, M., Die Pteridophyten der Flora von Buitenzorg. Leiden 1898.

Treub, M., Notice sur la nouvelle Flore de Krakatau Annales du jardin botanique de Buitenzorg. Vol. VII. 1888.

— Over het nieuwe Plantenkleed van Krakatau. Natuurkundig Tijdschrift vor Neederlandsch-Indië. Bd. 48. 1889.

Verbeek, R. D. M., Topographische en geologische beschrijving van Zuid-Sumatra. Jaarboek van het Mijnwezen in N. O. J. 1881. Deel I. Pag. 154—156; 179—181; 214—215.

— Krakatau. Batavia 1885.

Vogler, P., Über die Verbreitungsmittel der schweizerischen Alpenpflanzen. Flora. Bd. 89. 1901.

Ein neues Präzisionsnivellement auf den Grossen St. Bernhard.

Von

J. HILFIKER.

Professor A. L. Pictet erwähnt in seinem Bericht über die Erstellung einer meteorologischen Station im Hospiz des Grossen St. Bernhard vom Jahre 1817, dass schon vor 1817 zuerst die Akademie in Turin, dann die Aargauische Gesellschaft für vaterländische Kultur den Impuls gegeben haben, meteorologische Beobachtungen durch die Mönche im Kloster des Grossen St. Bernhard anstellen zu lassen und dass auch die nötigen Instrumente abgegeben worden seien: Beobachtungen wurden ausgeführt, aber die Resultate wie auch die Instrumente sind aus unbekannten Gründen verloren gegangen.[1])

Tatsächlich hat um das Jahr 1750 herum die ökonomische Gesellschaft in Bern die Erstellung eines schweizerischen meteorologischen Beobachtungsnetzes angestrebt und es gelang ihr auch, durch Abgabe von Barometern, Thermometern und Regenmessern an eine Anzahl von Stationen längere Beobachtungsreihen zu erhalten, indessen war es damals noch nicht möglich, die Mönche auf dem Grossen St. Bernhard zur Übernahme einer Station zu bewegen. Auch die schon erwähnte „Aargauische Gesellschaft für vaterländische Kultur“ hat sich um 1812 bemüht, ein ausgedehntes meteorologisches Beobachtungsnetz zu erstellen und durch Zusendung von Instrumenten und Instruktionen an einzelne Stationen korrespondierende Beobachtungen ins Leben zu rufen. Die Beobachtungen sollten sich erstrecken auf eine ausgedehnte Linie von Norden nach Süden: Kiel, Andermatt, St. Bernhard, Pisa, Turin, Neapel, und auf Stationen in einer von Westen nach Osten laufenden Linie: Glasgow, Hanau, Prag, Lemberg, Charkow.[2]) Prak-

---

[1]) Bibl. Univ. Sciences et arts, VI Genève 1817, p. 109.

[2]) Rudolf Wolf, Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, Zürich 1879, pag. 301.

tische Resultate hat dieses Projekt indessen keine gehabt, dagegen gelang es Pictet einige Jahre später für die Genferbeobachtungen, die auf 1774 zurückreichen und in der Bibl. Univ. publiziert vorliegen, auf dem Grossen St. Bernhard eine Parallelstation zu errichten, von der er bei einer Vergleichung mit der Sternwarte Genf sagt: [1])

„Elle est située sous un parallèle peu distant, sous un méridien „d'un degré seulement plus à l'est, au centre de la haute chaine des „Alpes; où trouver dans notre Europe une habitation de toute l'année, „voisine de la limite des neiges perpetuelles? Où trouver des hommes „assez dévoués pour y vivre et assez instruits pour aprécier l'utilité „de ces observations et pour les faire avec la régularité et la précision „requise? Toutes ces conditions sont heureusement réunies dans l'hos„pice célèbre, connu sous le nom de couvent du Grand St-Bernard."

Professor Pictet hat in Genf bei Mechaniker Gourdon die nötigen Instrumente nach spezieller, der Höhenstation angepasster Vorschrift bestellt, nämlich ein Quecksilberbarometer, ein Quecksilberthermometer und ein Harhygrometer. Mit diesen Instrumenten ist er am 13. September 1817 von Genf abgereist, am 14. abends im Hospiz angekommen und hat am gleichen Abend noch die Aufstellungsverhältnisse für die meteorologischen Instrumente rekognosziert, so dass am 15. früh die Instrumente an Ort und Stelle waren und die Beobachtungen mit dem 16. September 1817 beginnen konnten.

Diese Reise ist den Mönchen des Grossen St. Bernhard in vielfacher Weise zu gute gekommen und wir wollen nicht unterlassen auf folgende Stelle im Nekrolog aufmerksam zu machen, den P. Vaucher im 29. Bande der Bibl. Univ. S. et A. über Pictet veröffentlicht hat, die den liebenswürdigen Charakter des Genfer Gelehrten besonders beleuchtet:

„Ce fut après avoir visité ces pieux cénobites, que, frappé des „rigueurs de leur long hiver et des maladies qui en étaient la suite, „il fit un appel à la générosité de l'Europe, et il réussit si bien à „dépeindre les privations et les souffrances de ces hommes respec„tables, qu'il leur procura des sommes suffisantes non seulement pour „établir des poëls et des tuyaux de chaleur, mais encore pour réparer „et agrandir leur hospice." [2])

Eine nutzbringende Vergleichung und Auswertung der meteorologischen Beobachtungsreihen in Genf und dem Grossen St. Bernhard

[1]) Bibl. Univ. S. A. 1817, pag. 109.
[2]) Vergl. auch Rud. Wolf, Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz, III. pag. 387, Zürich 1860.

konnte erst erreicht werden, wenn es gelang, den Höhenunterschied der beiden Stationen mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln. Bald nach der Erstellung der meteorologischen Station im Kloster unternahm es Alexandre Roget von Nyon, trigonometrisch die Höhe des Montblanc und anderer Bergspitzen, wie die der Dent de Morcles über dem Genfersee, resp. Pierre du Niton abzuleiten und späterhin die Höhe des Klosters auf dem Grossen St. Bernhard zu bestimmen, indem er zunächst in der Nähe des Klosters sorgfältig mit Stäben eine Basis abmass, aus derselben trigonometrisch die Höhen über dem Kloster von einigen der umgebenden Punkte, von denen aus der Montblanc und die Dent de Morcles sichtbar sind, bestimmte, woraus er dann mit Hülfe der auf diesen Zwischenstationen angestellten Winkelmessungen die Barometerhöhe des Klosters aus den für Montblanc und Dent de Morcles gefundenen Höhen ableiten konnte. Er fand so für die Höhe

des Montblanc über Pierre du Niton 4435,5 m
der Dent de Morcles „ „ „ „ 2594,3 „

und daraus für die Barometerhöhe des Klosters:

aus dem Montblanc 2101,78 m über Pierre du Niton
„ der Dent de Morcles 2103,54 „ „ „ „ „ [1])

Dieses Resultat hat Professor E. Plantamour in Genf im Verein mit Oberst Burnier in Morges und den Ingenieuren Chappex und Torcapel 1855 durch eine neue Operation von Genf aus, in der die Methode des geometrischen Nivellements zur Anwendung gekommen ist, geprüft und für die meteorologische Station auf dem Grossen St. Bernhard die bis heute als definitiv angenommene Höhe über Pierre du Niton bestimmt. [2])

Der Ausgangspunkt der neuen Höhenmessung ist der kleinere Pierre du Niton im Hafen von Genf, in dessen Scheitelpunkt General H. Dufour im Jahre 1820 eine Bronzeplatte hat einzementieren lassen, die später von der schweizerischen geodätischen Kommission als Nullpunkt des 1865 begonnenen Präzisionsnivellements der Schweiz gewählt worden ist. An diesen Punkt wurde einerseits das Barometer der Sternwarte in Genf, andererseits das Barometer der meteorologischen Station im Kloster des Grossen St. Bernhard angeschlossen. Den Anschluss der Sternwarte in Genf hat Plantamour vermittelst

---

[1]) Roger, Elévation du Montblanc sur le lac de Genève, Bibl. Univ. S. et A. 1828.
„ Opérations trigon. au Grand St-Bernard, „ „ „ „ „ 1858.
Rud. Wolf, Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, pag. 113.

[2]) F. Burnier et E. Plantamour, Nivellement du Grand St-Bernard, Bibl. Univ. S. et A. 1855, p. 99.

eines Doppelnivellements durchgeführt, das nachstehende Resultate ergeben hat:

Pierre du Niton bis Punkt am Boden vor Barometer	1855	26 VII	+ 30,527 m
		22 VIII	+ 30,586 „
	Mittel		+ 30,557 m
Cuvette des Barometers über diesem Punkt			0,803 „
Pierre du Niton bis Sternwarte Genf, Cuvette des Barom.			+ 31,360 m

Der Anschluss des Klosters auf dem Grossen St. Bernhard an Pierre du Niton zerfällt sowohl nach der in Anwendung gekommenen Methode der Beobachtung, als auch was das Personal und die Instrumente betrifft, in folgende vier Sektionen:

1. Pierre du Niton bis Bouveret,
2. Bouveret bis Martigny,
3. Martigny bis Bourg St-Pierre,
4. Bourg St-Pierre bis Hospiz Grosser St. Bernhard.

In der ersten Sektion Pierre du Niton–Bouveret hat Plantamour den glücklichen Gedanken verwirklicht, den Höhenunterschied mittelst Beobachtung und Vergleichung des Seespiegels in Genf und Bouveret zu ermitteln. In Bouveret diente als Ausgangspunkt für die zweite Sektion eine Höhenmarke auf der Mauer des linken Widerlagers der Brücke über die Bouverette, nahe bei der Mündung des Baches in den See und dieser Repère war gleichzeitig mit Pierre du Niton in Genf an das Niveau des Sees anzuschliessen. Plantamour schreibt hierüber: [1])

„Pour nous mettre à l'abri des causes d'erreurs pouvant résulter „de l'altération locale et momentanée de la surface du niveau du lac, „qui se présente assez fréquemment et qui est connue sous le nom „de seiche, la hauteur du lac a été mesurée non seulement au limni-„mètre de Genève, mais aussi aux limnimètres établis dans plusieurs „ports du canton de Vaud, au même instant ou M. Torcapel mesurait „au Bouveret la hauteur du repère de la Bouverette au-dessus du „lac. Les limnimètres des ports vaudois, établis et comparés par les „soins de M. Burnier, ont été reliés à celui de Genève et au repère „de la Pierre du Niton par une très nombreuse série d'observations, „en sorte que leurs indications peuvent fournir à un moment donné „la hauteur des eaux dans chacun de ces ports au-dessous du repère „de la Pierre du Niton."

Die Simultanbeobachtungen vom 16. Mai haben dann folgende Resultate ergeben:

[1]) Bibl. Univ. S. et A. 1855, p. 101.

Limnimeter von	Höhe von Pierre du Niton über dem See
Genève	+ 1,91 m
Morges	1,88 „
Ouchy	1,85 „
Vevey	1,89 „
Mittel	1,88 m
Gleichzeitig gemessene Höhe der Höhenmarke der Bouverette über dem See	2,08 „
Pierre du Niton bis Höhenmarke Bouverette .	+ 0,20 m

Das Nivellement der zweiten Sektion, Le Bouveret bis Martigny, ist 1854 von einem Walliser Ingenieur Chappex[1]) als Doppelnivellement zu Eisenbahnzwecken ausgeführt worden. Alle Strecken, die bei zwei aufeinanderfolgenden Höhepunkten zwischen der ersten und zweiten Operation eine Differenz von 1 cm oder mehr ergaben, sind ein drittes Mal nivelliert worden. Als Endpunkt in Martigny resp. als Ausgangspunkt der dritten Sektion wurde der Scheitelpunkt des Obelisk auf dem grossen Platze benützt und es ist dankenswert von der geodätischen Kommission, dass sie diesen Punkt im Jahre 1872 an N. F. 78 an der Pfarrkirche, resp. an das zwei Jahre früher von Ingenieur Benz zwischen Lausanne und Brig ausgeführte Präzisionsnivellement hat anschliessen lassen.[2]) Als Resultat des Doppelnivellements Chappex wird angegeben:

Bouveret, Repère Bouverette bis Martigny, obélisque + 97,87 m.

Von Martigny bis Bourg St-Pierre hat Ingenieur Torcapel im Auftrag von Plantamour und Burnier ein Doppelnivellement in der Zeit von Ende April und Anfang Mai 1855 ausgeführt. Einige Strecken sind ein drittes Mal nivelliert worden, indem das Nivellement wiederholt worden ist, wenn die Differenz aus den zwei ersten Operationen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Höhenpunkten 4 oder 5 cm überschreitet. Torcapel hat sein Nivellement beim Eingang ins Dorf Bourg St-Pierre auf der Türschwelle der zweiten Scheune links, des Schnees wegen, der noch auf der Strasse lag, abbrechen müssen. Als Resultate seines Doppelnivellements wird angegeben:

Martigny-Bourg St-Pierre: Nivellement	aufwärts	1149,14 m
„	abwärts	1148,92 „
	Mittel	1149,03 m

Übertragen wir diese Höhendifferenz mit dem Nivellement Plantamour auf Türschwelle Kirche, Nordfassade, welcher Punkt zwar

[1]) Später Staatsrat des Kantons Wallis und Ständerat.

[2]) Niv. de préc. suisse, p. 267.

nicht weiter bezeichnet ist, aber doch mit ca. 1—2 cm Unsicherheit heute wieder ermittelt werden kann, so erhalten wir als Resultat:

Martigny-Bourg St-Pierre + 1158,16 m.

Die letzte Sektion endlich von Bourg St-Pierre bis Hospiz ist von Burnier und Plantamour zusammen in der Zeit vom 29. Juli bis 4. August nivelliert worden. Plantamour schreibt hierüber:

„Chacun de nous opérait séparément avec un niveau à lunette „et une mire, et nous contrôlions au fur et à mesure les résultats, „obtenus entre des points de repères communs pris de distance en „distance. L'écart entre la valeur obtenue par chacun de nous pour „la différence totale de niveau entre St-Pierre et l'hospice n'est que „de 6 centimètres."

Als Resultat wird angegeben:

Bourg St-Pierre, Kirche bis Hospiz, Barometergefäss + 845,47 m.

Wir erhalten so die folgende Zusammenstellung, wenn wir in derselben auch die Resultate des alten, sowie diejenigen eines neuen, 1905 und 1906 erstellten Präzisionsnivellements, von dem auf den folgenden Seiten die Rede sein wird, aufnehmen. Plantamour rundet seine Resultate auf Zentimeter ab; wir tun hier dasselbe für die Neunivellemente.

Punktbezeichnung	Nivellement Burnier, Plantamour, Chappex, Torenpel	Neunivellement	Altes Niv. - Neuniv.
	m	m	m
Sternwarte Genf, Barometergefäss bis Pierre du Niton	— 31,36	— 31,37 1905	+ 0,01
Pierre du Niton bis Bouveret, Brücke	+ 0,20	+ 98,14 1870/82	— 0,07
Bouveret, Brücke bis Martigny, Obelisk	+ 97,87		
Martigny, Obelisk bis Bourg St-Pierre, Kirche	+ 1158,16	+ 2004,09 1905/06	— 0,46
Bourg St-Pierre, Kirche bis Hospiz, Barometer	+ 845,47		
Genf, Pierre du Niton bis Hospiz, Barometer	+ 2101,70	+ 2102,23	— 0,53
Genf, Barometer, Sternwarte bis Hospiz, Barometer	+ 2070,34	+ 2070,86	— 0,52

Für die richtige Würdigung der Schwierigkeiten, die im Nivellement Plantamour-Burnier auf der letzten Sektion Bourg St-Pierre—Hospiz zu überwinden waren, ist es notwendig, daran zu erinnern,

dass die jetzige Strasse ganz neuern Datums ist und dass früher der ganze Verkehr durch den schlechten, steilen Saumweg ging, der heute von Cantine de Proz an als Abkürzung für Fussgänger benutzt wird. Nach Vollendung der Kunststrasse auf italienischem Gebiet hat das Militär-Geographische Institut in Florenz 1904 ein Präzisionsnivellement bis zum Hospiz ausführen lassen, nachdem es bereits früher an die Abteilung für Landestopographie der Schweiz das Ansuchen hatte ergehen lassen, dass auch schweizerischerseits ein Nivellementsanschluss im Hospiz erstellt werde.[1]) Dieses Nivellement ist im Herbst 1905 nach Vollendung des Simplonnivellements von Martigny bis Orsières geführt, dann im Sommer 1906 vollendet worden, und hat ca. zwei Monate Zeit gebraucht, wobei bemerkt werden muss, dass das Nivellement auch auf italienisches Gebiet bis zur Cantine d'Aosta, d. h. auf eine Entfernung von 4 km vom Hospiz mit 260 m Gefälle geführt worden ist, um im Falle des Auftretens von systematischen Fehlern, wie sie von einer unsichern Kenntnis der wahren Lattenlängen bei einer stetigen Steigung bis zur Höhe des Hospizes hätten herrühren können, eine Kontrolle durch ein Nivellement mit starkem Gefälle zu erhalten. Glücklicherweise haben in diesem Bergnivellement, wie wir weiter unten sehen werden, die von den Lattenlängen abhängigen systematischen Fehler fast vollständig vermieden werden können, und ich erlaube mir, mit Erlaubnis der Direktion der schweizerischen Landestopographie, im Folgenden auf die Vorbereitungen zu diesem Nivellement und die hauptsächlichen Resultate desselben etwas einzugehen.

Zunächst hat die Abteilung für Landestopographie grosse Sorgfalt auf die Anlage der Höhenmarken verwendet und da es sich herausgestellt hat, dass hauptsächlich die mit wagrechter Achse in vertikale Mauerflächen mit aus dem Mauerwerk frei hervorragenden Kopf einzementierten Höhenpunkte der Beschädigung und Zerstörung ausgesetzt sind, so hat die Landestopographie auf dieser Linie zum erstenmal Bolzen mit Schutzkappen eingeführt.[2]) Der Kopf des Metallbolzens hat ein Bohrloch, auf dessen Zentrum sich die Höhenangabe bezieht. Über den Kopf des vollständig in den Stein eingelassenen Bolzens wird eine Schutzkappe sehr fest aufgeschraubt, so dass sie nur mittelst eines starken Schlüssels losgeschraubt werden

---

[1]) Prof. R. Gautier hat bereits 1901 in der Sitzung der schweiz. geod. Kommission die Anregung hiezu gegeben.

[2]) Von den 128 Metallbolzen, die Ing. H. Frey in den Jahren 1898—1900 auf der Simplonstrasse zwischen Brig und Iselle hat anbringen lassen, ist heute kaum ein einziger zu finden, der nicht Spuren von Beschädigungen trägt.

kann. Die Löcher zum Einsetzen der Schlüsselstifte werden mit Glaserkitt ausgefüllt. Der Nivellierstift, der ins Bohrloch eingeführt werden muss, trägt an seinem vordern Ende eine gratförmige Erhebung (Schneide), auf welche die Mire aufzusetzen ist. Diese Schneide entspricht genau dem Mittelpunkt des Bolzens und Stiftes und befindet sich somit in jeder Lage des letztern in der Mitte des Bohrloches.

Der Ausgangspunkt des Neunivellements ist N. F. 78 an der Kirche in Martigny Ville und dessen Versicherungen, welch letztere 1897 erstellt, sich 1905 noch alle als intakt erwiesen haben. Das Präzisionsnivellement ist als vollständig unabhängiges Doppelnivellement durchgeführt worden, indem Ingenieur R. Gassmann die Messung talabwärts übernahm, während der Berichterstatter in der Richtung Martigny-Grosser St. Bernhard nivelliert hat. Die Strasse ist an vielen Stellen so schmal und der Wagenverkehr im untern Teile während der Weinlese so ausgedehnt, dass es ein Ding der Unmöglichkeit gewesen wäre, die beiden Latten gleichzeitig nebeneinander aufzustellen. Wir haben deshalb im Simplonnivellement und hier die pag. 27 des Nivellementsberichts 1893–1903 angegebene Nivellementsmethode[1]) unter Billigung von Seiten der Direktion der Landestopographie und nach einem sehr günstig ausgefallenen Versuche auf der Strecke Nyon–Genève insoweit abgeändert, dass, während Mire 1 auf den Ausgangspunkt gestellt wird, die andere Latte 2 gleichzeitig in gleicher Entfernung vom Instrument wie Nr. 1 in Richtung der fortschreitenden Arbeit zur Aufstellung kommt. Die Aufstellungspunkte werden zum voraus für Instrument und Latte mit einer Schnur möglichst scharf festgelegt, so dass beim Übergang vom Rückblick in den Vorblick der Auszug des Fernrohrs nicht verändert werden muss. Hat der Ingenieur das Instrument richtig gestellt, so wird bei einspielender Libelle zuerst Latte 1, dann Latte 2 abgelesen und hierauf die Ablesung in der gleichen Reihenfolge wiederholt, nachdem, wenn nötig, das Instrument inzwischen eine nochmalige Berichtigung erfahren hat. Alsdann kommt Latte 1 über Latte 2 hinaus in ihre nächste Station und das Instrument kommt wieder in die Mitte zwischen beide Miren. Auf diese Weise wird es möglich, eine allfällige Veränderung des Instrumentenstatifs zwischen Rück- und Vorblick zu kontrollieren; auch wird bei unsicherem Terrain das Einsinken der Lattenplatten geringer und nimmt nicht nahe

[1]) J. Hilfiker, Bericht der Abteilung für Landestopographie an die schweiz. geodätische Kommission über die Arbeiten am Präzisionsnivellement der Schweiz in den Jahren 1893—1903. Zürich 1905.

denselben Betrag für beide Miren an, wie das der Fall ist, wenn die zwei Lattenträger gleichzeitig hart nebeneinander zu stehen kommen.

Wir haben auch versucht, einen vielfach konstatierten Übelstand zu beseitigen, der mit der Unterlagsplatte der Miren zusammenhängt und der darinbesteht, dass bei ungenügender Sorgfalt der Lattenträger beim Wenden der Mire die Unterlagsplatte verrückt werden kann. Um möglichst zu verhüten, dass die Unterlagsplatten der Miren zwischen dem Rück- und Vorblick eine Senkung erleiden, wird den Lattenträgern ein Scharreisen mitgegeben, mit dem sie den Strassenstaub und nach Niederschlägen die oberste Schicht der Strasse wegkratzen müssen, um so der Platte eine unveränderliche Lage zu sichern. Seit 1902 waren wir bestrebt, für die Latten ein Gestell zu konstruieren, das eine sichere Aufstellung der Latte und insbesondere das Einspielen der Dosenlibelle der Mire mit Schrauben ermöglicht und ein Drehen um die vertikale Achse der Latte in der Fussplatte gestattet. Ein erster Versuch schlug fehl infolge zu geringer Widerstandskraft des Gestelles gegen Wind, dagegen gelang es 1904, durch Anbringen von zwei Streben mittelst drehbaren Gelenken am oberen Ende der Latte das Problem zu lösen: Im schweizerischen Präzisionsnivellement ist die erste Latte mit Gestell im Sommer 1904 vom Berichterstatter auf der Strecke Saanen Montbovon–Freiburg verwendet worden. Bei diesem ersten Lattengestell wurden die Streben aus Bambusstäben verfertigt, die aber mit der Zeit durch das Gewicht der Metallteile des Schraubenapparates eine starke Verbiegung zeigten, die ein leichtes Drehen der Latte um ihre Achse störte. In neuerer Zeit verwendet Kern in Aarau leichte Messing- und Stahlröhren zu den Streben und es dürfte möglich werden, das Gewicht des Gestelles durch Verwenden von Holzstreben erheblich zu vermindern.

Das Längenprofil längs der Bergstrasse zeigt von N. F. 78 in Martigny bis zum Hospiz des Grossen St. Bernhard ein kontinuierliches Ansteigen im Betrage von nahe 2000 m. Es war deshalb notwendig, sorgfältige und häufige, wenn immer möglich tägliche Bestimmungen der Lattenlänge auszuführen, denn bei einer so grossen Erhebung des Endpunktes über dem Ausgangspunkte können auch kleine Fehler in der Annahme des Wertes für den Lattenmeter zu bedeutenden, den Dezimeter erreichenden systematischen Fehlern anwachsen. Bislang sind im schweizerischen Präzisionsnivellement für die Lattenvergleichungen vom Jahre 1893 an Stahlstäbe von 1 m Länge verwendet worden, die als einzige Teilung auf einer abgeschrägten Kante die 0 und 1 Meter-Striche, sowie anschliessend eine

Nonienteilung von 9 mm gleich 10 Teile des Nonius tragen. In einer Vertiefung in der Mitte des Stabes wird ein Quecksilberthermometer angebracht, das zur Bestimmung der Stablänge bei verschiedenen Temperaturen dienen soll. Die Vergleichung am Komparator in Bern geschieht im Mittel bei einer Temperatur von ca. 18° C., bei den Feldvergleichungen dagegen treten Temperaturen von 5° bis ca. 30° auf, so dass für die Reduktion meist ein sehr beträchtliches Temperaturintervall in Frage kommt. Es ist aber gar nicht leicht, die wirkliche Temperatur eines Stahlstabes im Felde zu bestimmen, denn man ist nie sicher, ob die Thermometerablesungen nicht vielmehr die Temperatur der umgebenden Luft als diejenige des Stahlstabes anzeigen. Nun sind in den letzten Jahren hauptsächlich im Internationalen Meterbureau in Breteuil Versuche mit einer Legierung von Nickel und Stahl angestellt worden, die beweisen, dass bei einem bestimmten Prozentsatz und einer gegebenen Temperatur ein Metall (Invar) erhalten wird, das einen viel geringern Ausdehnungskoeffizienten als Stahl aufweist[1]) und somit sich zu Vergleichsstäben eignet. Es hat deshalb die Abteilung für Landestopographie im November 1904 bei der „Société Genevoise pour la construction d'instruments de physique et de mécanique" an Stelle des Stahlstabes einen Invarstab mit ⊔-förmigem Querschnitt bestellt, der den Stab möglichst gegen eine Durchbiegung schützt. An beiden Stabenden sind in ausgelochte Öffnungen Glaslamellen unverrückbar eingesetzt, auf deren Unterseite die vor- und rückwärtslaufenden Nonien auf 1 m Distanz eingraviert sind. Die Nonienablesung geschieht mittelst einer einfachen Luppe. Jeder der beiden Nivellementsingenieure erhielt einen solchen Invarstab zugeteilt und da die Unverrückbarkeit der Glaslamelle erst noch nachzuweisen war, wurden 1905 die bislang verwendeten Feldstäbe auch mitgeführt.

Der Ausdehnungskoeffizient des Invarstabes Nr. 1 hat sich aus Vergleichungen von Ingenieur R. Gassmann am Komparator der Landestopographie ergeben zu

0,0018 mm,

während für die Vergleichsstäbe aus Stahl im Mittel anzunehmen ist

0,012 mm,

so dass das Resultat für den Feldstab Invar Nr. 1 sich sieben mal günstiger stellt als für Stahl.

Die Längenvergleichungen am Komparator haben ergeben:

1905 Frühlingsvergleichung 1000,149 mm;
Herbstvergleichung 1000,154 „

Im Winter 1905/06 sind die Stäbe in die Reparatur gekommen.

[1]) Vergl. Ch. Guillaume, Les applications des Aciers au Nickel. Paris 1904.

1906 aus 15 Beobachtungen in 4 Lagen Stablänge = 1000,044 mm
1907 Frühling 4 „ „ 4 „ „ = 1000,046 „
Eine Veränderung der Glaslamelle ist somit nicht nachweisbar.

Feldvergleichungen mit 2 Stäben sind vom Referenten 1905 an 57 Tagen angestellt worden. Die Differenz der Lattenkoeffizienten, abgeleitet aus Invarstab 1 und Stahlstab 4, ist für beide Miren übereinstimmend im Mittel 0,011 mm und bestätigt somit das Resultat, das im „Nivellementsbericht 1893—1903“ pag. 15/16 angegeben wurde; der Maximalbetrag geht aber bis zu 0,042 mm, und zeigt somit, wo bei Gebirgsnivellements noch Quellen für systematische Fehler zu suchen und zu heben sind. Sicher spielt die Beleuchtung bei den Stabvergleichungen eine grosse Rolle und dann muss versucht werden, die Luppe durch ein Ablesemikroskop mit beweglichem Doppelfaden zu ersetzen, so dass auf beiden Stabenden das Intervall Lattenstrich-Nullstrich des Stabes eventuell bei künstlichem Licht mit der Trommel gemessen werden kann. Diese wichtige Umformung ist für unsere Invarstäbe im Winter 1907 von Mechaniker Zulauf in Zürich nach Zeichnungen der Abteilung für Landestopographie durchgeführt worden. Die zwei Mikroskope können für die Vergleichungen auf dem Stab festgeschraubt werden; für den Transport kommen sie in ein Etui. Eine Umdrehung der Messchraube entspricht 0,2504 mm.

1 Trommelteil = 2,504 μ = 0,0025 mm.

An Latten sind in Verwendung gekommen:

1. Von Herrn Gassmann im Jahre 1905 Mire Nr. 7 vom Typus des alten Präzisionsnivellements und eine neue Reversionsmire mit Gestell, 1906 zwei Reversionsmiren mit Gestell.

2. Vom Referenten zwei Kompensationsmiren Nr. 9 und 10 nach System Goulier, von denen No. 10 mit Lattengestell.

Die angewandte Beobachtungsmethode verlangt eine genügend scharfe Ableitung der Gleichung des Lattenpaares. Zu dem Zwecke werden beide Miren nacheinander auf denselben Fixpunkt gestellt; die Differenz der Ablesungen gibt alsdann die Gleichung der Miren. Für das Paar der Kompensationsmiren Nr. 9 und 10 wurde z. B. erhalten:

Meter	Mittel Differenz 9—10	Anzahl der Beobachtungen
0,535	+ 0,135 mm	11
1,517	+ 0,155 „	20
2,248	+ 0,168 „	6
Mittel	+ 0,153 ± 0,011	37

Bei den mit horizontaler Achse in vertikale Mauer- oder Steinflächen einzementierten Höhenmarken ist der aus dem Mauerwerk hervorragende Kopf fast nie völlig horizontal, sondern meist etwas nach oben geneigt, so dass in diesem Falle auf eine der vier Ecken des stählernen Lattenfusses gestellt werden muss. Es sind somit noch Konstanten aus dem Nivellement abzuleiten, welche die Reduktion auf Lattenmitte angeben. Für das obige Lattenpaar ist diese Reduktion:

Mire	Reduktion auf Mitte Lattenfuss			
	Vorn rechts	Vorn links	Hinten links	Hinten rechts
	mm	mm	mm	mm
9	— 0,07	0,00	— 0,21	— 0,01
10	— 0,04	0,00	— 0,07	+ 0,05

Die Kompensationsmiren haben den grossen Vorteil, dass die Kontrolle für die Lattenlänge sich mehrmals täglich wiederholen lässt, während man sich bei Stabvergleichungen des grossen Zeitaufwandes wegen zufrieden geben muss, wenn überhaupt pro Tag eine Vergleichung erhalten werden kann. Nun zeigen aber die Kompensationsmiren infolge des Gewichtes der Metallstäbe immer Durchbiegungen, die sich bei der Vergleichung mit einem Meterstab trotz aller Vorsicht und Anwendung von Unterlagsklötzchen sehr störend bemerklich machen, indem hiebei die Lattenlänge meist zu kurz erhalten wird. Es ist deshalb notwendig, bei den grundlegenden Vergleichungen am Komparator die Ablesung der Kompensationsteilungen mehrfach zu wiederholen, daran anschliessend, eine Vergleichung mit dem Feldstab auszuführen und aus der Differenz der Lattenlänge aus Komparator und Stabvergleichungen Konstanten abzuleiten, welche an die Feldvergleichung anzubringen sind, um letztere auf den Komparator zu reduzieren.

Feldvergleichungen mit Stäben sind auch bei Kompensationsmiren nicht zu umgehen, um ein Kontrollmittel an der Hand zu haben, falls der Kompensationsmechanismus aus irgend einem Grunde versagen sollte. Vor allem dürfen Kompensationsmiren nicht fallen und es müssen Miren in Gestellen bei unruhigem böigem Wetter stets im Auge behalten werden.

Bekanntlich ist im Präzisionsnivellement der Wind ein sehr störendes Element, besonders wenn er in der Nivellementsrichtung bläst. Nun soll bei starkem Wind nicht nivelliert werden. Bei

mässigem Wind kann man mit Vorteil einen Windschirm verwenden, der aus einem mit Segeltuch bespannten zerlegbaren Rahmen besteht. Herr Ingenieur H. Frey hat sich bereits in seinem Simplonnivellement vom Jahre 1900 durch Einführung eines Windschirms zu helfen gesucht und da in Nivellementsrichtungen von Westen nach Osten und umgekehrt die Sonnenstrahlung ebenfalls äusserst störend einwirkt, der bei tiefstehender Sonne durch einen Sonnenschirm allein nicht beizukommen ist, hat Ingenieur R. Gassmann den Windschirm auch gegen die Sonne anwendbar gemacht, indem er im Schirme eine Öffnung hat anbringen lassen, durch welche die Ablesung im Fernrohr geschieht. Ist das Wetter ruhig, so gibt die Kombination des Sonnen- resp. Regenschirms mit dem Windschirm ein schätzbares Mittel, um in der Sonnenrichtung arbeiten zu können. Solche Windschirme werden seit 1904 beständig verwendet.

Als Nivellierinstrumente wurden benützt: Von Herrn Gassmann das im Winter 1901/02 bei F. W. Breithaupt bestellte Nivellierinstrument nach System Seibt, vom Referenten ein neues, 1905 bei Kern & Co. in Aarau bestelltes Instrument mit Zeissoptik. Beide Beobachter haben durchwegs mit einer vierzigfachen Vergrösserung gearbeitet.

In der Zusammenstellung pag. 378 bilden wir ab N. F. 78 Kirche Martigny-Ville die im Hin- und Rücknivellement zwischen den Fixpunkten erster Ordnung gefundenen Höhendifferenzen und aus dem Mittel derselben die Coten über Pierre du Niton.

Die nach bekannten Formeln durchgeführte Fehlerrechnung lässt für Miren, in welche die Millimeterstriche mit der Teilmaschine eingeritzt sind, in überraschender Weise den günstigen Einfluss von sehr kleinen Distanzen erkennen, wie sie im Gebirgsnivellement nicht zu vermeiden sind und durch welche die bei grossen Distanzen und unbewölktem Himmel sonst so störenden Anomalien der Refraktion fast gänzlich eliminiert erscheinen. Hiebei muss erwähnt werden, dass wir zu unseren Nivellements hauptsächlich die Frühstunden des Vormittags, sowie die Zeit von 4 Uhr nachmittags ab verwenden. In jedem Fall dürfen wir aus der Zusammenstellung pag. 378 den Schluss ziehen, dass unsere im Nivellementsbericht 1893–1903 pag. 33 aufgestellte Behauptung, der mittlere Einkilometerfehler werde sich auch im gebirgigen Lande auf 1 mm herabmindern lassen, zu Recht besteht, denn der für die 46 km lange Strecke Martigny–Hospiz des Grossen St. Bernhard gefundene Einkilometerfehler des Doppelnivellements von nur $\pm$ 0,45 mm deckt sich fast vollständig mit den Resultaten der Fehlerrechnung, welche sich aus dem 1905 von

denselben Beobachtern durchgeführten Neunivellement auf der Simplonstrasse zwischen Brig und Iselle ergeben haben. Damals wurde gefunden:

Strecke	Dist.	Höhen-unterschied Mittel	Differenz D Hilfiker-Gassmann	Mittlerer 1 Km.-Fehler des Doppelnivellements	
				$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]}{n}}$	$\frac{D}{2\sqrt{Distanz}}$
	km	m	mm	mm	mm
Brig Fixpunkt 100, Nordportal des Simplontunnels bis Fixp. 61 Passhöhe	24,56	+ 1322,5472	— 4,6	± 0,41	± 0,46
Passhöhe, Fixp. 61 bis Iselle, Fixp. 91 Südportal des Simplontunnels .	25,17	— 1374,8890	+ 2,2	± 0,52	± 0,22
Brig Fixpunkt 100, Nordportal des Simplontunnels bis Fixp. 91 Südportal des Tunnels	49,73	— 52,3418	— 2,4	± 0,47	± 0,17

Im Folgenden geben wir die Hauptresultate im Neunivellement auf der Strecke Martigny–Grosser St. Bernhard und bemerken dazu, dass jeder Beobachter sein Nivellement selbst reduziert hat. Herr Gassmann besorgte dann eine erste Zusammenstellung der Resultate, während der Referent im Juli 1907 eine Revision derjenigen Sektionen unternahm, für welche der Unterschied der beiden Nivellementsresultate pro Kilometer 1,5 mm überschreitet. Es waren so 3 km nachzunivellieren auf die Gesamtlänge von 46 km, d. h. also 6,5 %.

Das Barometer Gourdon im Hospiz des Grossen St. Bernhard hängt noch an derselben Stelle wie zur Zeit, da Plantamour das Nivellement ausgeführt hat und ist auch im Oktober 1900, als infolge eines Neubaues die Thermometer und Hygrometer anderweitig plaziert werden mussten, nicht verändert worden.[1]) Auch auf der Sternwarte in Genf hat man nichts an der alten Aufstellung des Normalbarometers geändert. Nun ist bei Anlass des Neunivellements Nyon–Genève–Moillesulaz im Jahre 1905 die Sternwarte Genf miteinbezogen worden, so dass auch hier eine direkte Vergleichung möglich ist. Wir haben gefunden

Pierre du Niton bis ⊕ 63 Sternwarte, Sockel der Meridianspalte:

---

[1]) R. Gautier, Résumé météorol. de l'année 1901 pour Genève et le Grand St-Bernard, Genève 1902 p. 22, 29, 37.

Nivellementsstrecke	Dist.	Höhenunterschied Hilfiker	Höhenunterschied Gassmann	Höhenunterschied Mittel	Differenz $D = H-G$	Mittlerer 1 Kilometer-Fehler des einfachen Niv. $\sqrt{\frac{\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]}{2n}}$	n	Doppelnivellement $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]}{n}}$	Doppelniv. nach $\frac{D}{2\sqrt{\text{Distanz}}}$	Fixpunkt	Höhe über Pierre du Niton	Differenz der Coten $H-G$	Erlaubte Differenz nach Fehlergesetz 1 mm $\sqrt{\text{Distanz}}$
	km	m	m	m	mm	mm		mm	mm		m	mm	mm
Martigny, Fixp. 78 Kirche bis Bovernier, Fixp. 98 Brücke über Dranse	8,10	+ 145,5791	+ 145,5763	+ 145,5777	+ 2,8	± 0,60	11	± 0,42	± 0,50	78 98	+ 99,9340 245,5117	0,0 + 2,8	± 0,0 2,9
Bovernier, Fixp. 98 Brücke bis Sembrancher, Fixp. 97, Gemeindehaus	4,70	+ 94,6066	+ 94,6034	+ 94,6050	+ 3,2	± 0,59	4	0,42	0,74	97	340,1167	+ 6,0	3,6
Sembrancher, Fixp. 97 bis Orsières, Fixp. 96 Kirche .	6,35	+ 171,2023	+ 171,2015	+ 171,2019	+ 0,8	0,46	5	0,32	0,16	96	511,3186	+ 6,8	4,4
Orsières, Fixp. 96 Kirche bis Liddes, Fixp. 95 Gemeindehaus	7,93	+ 463,3995	+ 463,4006	+ 463,4000	— 1,1	0,69	8	0,49	0,28	95	974,7186	+ 5,7	5,2
Liddes, Fixp. 95 bis Bourg St-Pierre, Fixp. 94 Felsen	6,05	+ 289,0436$_5$	+ 289,0460$_5$	+ 289,0449	— 2,4	0,66	6	0,47	0,49	94	1263,7635	+ 3,3	5,7
Bourg St-Pierre, Fixp. 94 bis Pas de Marengo, Fixp. 93 Felsen	7,28	+ 341,7677$_5$	+ 341,7700	+ 341,7689	— 2,3	0,54	7	0,38	0,44	93	1605,5324	+ 1,0	6,3
Pas de Marengo, Fixp. 93 Felsen bis Gr. St. Bernhard, Fixp. 92 Hospiz . . .	5,59	+ 490,9932	+ 490,9905$_5$	+ 490,9919	+ 2,65	0,81	6	0,57	0,55	92	2096,5243	+ 3,7	6,7
Martigny, Fixp. 78 Kirche bis Gr. St. Bernhard, Fixp. 92 Hospiz	46,00	+1996,5921	+1996,5884	+1996,5903	+ 3,7	± 0,63	47	± 0,45	± 0,27	92	2096,5243	+ 3,7	± 6,7
Hospiz, Fixp. 92 bis Landesgrenze, Fixp. D, Felsen .	0,41	— 19,7440$_5$	— 19,7446$_5$	— 19,7443	+ 0,6								
Landesgrenze, Fixp. D bis Cantiniera d'Aosta, Fixp. [—·—] 29 A	3,63	— 240,5221$_5$	— 240,5247	— 240,5234	+ 2,5								
Hospiz, Fixp. 92 bis Cantiniera d'Aosta, Fixp. [—·—] 29 A	4,04	— 260,2662	— 260,2693$_5$	— 260,2677	+ 3,1								
Hospiz, Fixp. 92 bis Hospiz, Altes Barometer . . .				+ 5,7050						Altes Barom.	2102,229		

1905	30 VI	Hilfiker	+ 31,7254	m
1905	8 VI	Gassmann	+ 31,7242	„
1905		Mittelwert	+ 31,7248	m
1903	⊕ 63	bis Boden vor Barometer	— 1,1614	„
Pierre du Niton bis Boden vor Barometer			+ 30,5634	m
Boden bis Cuvette Barometer			+ 0,803	„
Pierre du Niton bis Cuvette Barometer			+ 31,366	m

statt + 31,360 m nach Plantamour, wobei aber zu bemerken ist, dass nach pag. 367 das Resultat Plantamour ein Mittel aus 2 Einzelwerten darstellt, die um 6 Zentimeter auseinander gehen. Es folgt somit in Verbindung mit den Ergebnissen pag. 369:

Barometer Sternwarte Genf bis Barometer Hospiz + 2070,86 m statt + 2070,34 m.

Für die übrige Vergleichung mit den Resultaten Plantamour, welch letztere pag. 381 zusammengestellt sind, ist der Umstand erschwerend, dass die Höhenmarken des alten Nivellements nicht dauernd bezeichnet und auch in der Beschreibung ungenügend festgelegt worden sind. Immerhin lässt sich zwischen Pierre du Niton und N. F. 78 in Martigny eine Vergleichung zwischen dem Nivellement Plantamour-Chappex und dem Präzisionsnivellement ausführen, wenn wir im ersten den Höhenpunkt Scheitel des Obelisk in Martigny nach den Angaben des Catalogue des hauteurs auf N. F. 78 übertragen. Wir erhalten alsdann die pag. 369 mitgeteilten Resultate.

Die Hauptresultate unserer Zusammenstellung pag. 369 geben zu erkennen, dass in der relativ ebenen Strecke von Genf bis Martigny das Nivellement Plantamour-Burnier-Chappex nur um 6—7 cm vom Präzisionsnivellement der geodätischen Kommission abweicht, während dagegen in der 45 km langen Bergstrecke Martigny-Hospiz der Fehler im Nivellement Torcapel-Plantamour-Burnier auf 46 cm ansteigt, der zweifellos vorwiegend der Unsicherheit in der Lattenlänge im alten Nivellement zur Last fällt, denn Lattenvergleichungen wurden zu jener Zeit gar keine ausgeführt; dazu treten dann noch die grossen Schwierigkeiten des Nivellements längs des Saumweges Bourg St-Pierre-Hospiz, wie wir sie weiter oben angedeutet haben.

Bilden wir in der Zusammenstellung pag. 378 für die Höhe über Pierre du Niton die Mittelwerte und rechnen wir ab N. F. 78 Martigny die orthometrische Reduktion nach der Formel

$$\gamma = -0{,}0053 \sin 2\varphi \sum_{A}^{B} H m \, d\varphi$$

wo Hm den Mittelwert der absoluten Höhen von zwei aufeinanderfolgenden Punkten darstellt, und fügen wir zu γ die Konstante + 9,4 mm hinzu, um die orthometrische Reduktion ab Pierre du Niton zu erhalten,[1]) so ergeben sich die nachstehenden einfachen und orthometrischen Höhen über Pierre du Niton für die Höhenmarken auf dem Hospiz des Grossen St. Bernhard bis zur Cantine d'Aosta, die wir zum Zweck des Nivellementsanschlusses zwischen der Schweiz und Italien eingemessen haben. Durch Hinzufügen der Konstante 373,60 m gehen die Höhen über Pierre du Niton in absolute Höhen über:[2])

Lage der Höhenmarken	Einfache Höhe über Pierre du Niton	Orthom. Reduktion		Orthometr. Höhe über Pierre du Niton
		ab N. F. 73 Martigny	ab Pierre du Niton Genève	
	m	mm	mm	m
Fixp. 92 Hospice, Maison neuve, angle Ouest	+ 2096,5243	+ 29,0	+ 38,4	+ 2096,5627
Ital. Fixp. 34 Hospice, Maison neuve, angle Ouest . . :	2097,8411	+ 29,0	+ 38,4	2097,8795
Fixp. *B* Hospice, Maison neuve, façade Sud	2096,0216	+ 29,0	+ 38,4	2096,0600
Fixp. *C* Hospice, Rocher de la Croix	2100,1058	+ 29,0	+ 38,4	2100,1442
Fixp. *D* Frontière, rocher, à 22 m du milieu du ponceau frontière . . .	2076,7800	+ 28,8	+ 38,2	2076,8182
Ital. Fixp. 33 Frontière, ponceau sur le ruisseau, qui marque la frontière .	2074,6415	+ 28,8	+ 38,2	2074,6797
Ital. Fixp. 29 *A* Cantine d'Aosta . .	1836,2566	+ 30,5	+ 39,9	1836,2965

[1]) J. Hilfiker, Höhenverhältnisse der Schweiz, pag. 67.
[2]) " " " " pag. 92.

Resultate des Nivellements Plantamour-Burnier-Chappex-Torcapel,

Bibl. Univ., Genève, S. et A. 1855, pag. 103.

Numéro des repères	Cotes au dessus du niveau de la mer	Indication des repères	Bemerkungen des Verfassers dieser Mitteilung
	m		
1	376,61	Petite pierre du Niton	
2	376,84	Ponceau de la Bouverette, Bouveret	Brücke ist umgebaut.
3	417,38	St-Maurice, croix située à l'angle extérieur S. O. de la cour de l'hôpital	Nicht bezeichnet.
4	474,71	Martigny la Ville, sommet du socle de l'obélisque sur la grande place	Es ist dies ⨀A im Cat. d. haut. p. 59.
5	603,86	Pont des Vallettes, culée droite, angle aval	Nicht bezeichnet.
6	622,55	Bovernier, Pont sur la Dranse, culée gauche, angle aval	Jetzt eine neue Brücke.
7	709,70	Sembrancher, pied de la croix devant la chapelle à l'entrée du village	Nicht bezeichnet.
8	890,27	Orsières, Hôtel des Alpes, seuil de la première porte	" "
9	1158,05	Fontaine, angle nord de la 2me maison, pierre servant de coussinet	" "
10	1302,22	Liddes, Chapelle de St-Laurent, marche longeant la façade	" "
11	1378,34	Liddes, Chapelle de St-Laurent, première marche de l'escalier extérieur	" "
12	1623,74	Bourg St-Pierre, 2me grange en entrant à gauche, seuil de la porte	" "
13	1632,87	Bourg St-Pierre, Eglise, face N., sur le seuil de la porte	" "
14	1802,32	Cantine de Proz, première marche du perron	" "
15	1915,58	Sommet du vallon de Proz, rocher près du pont	Herr Deléglise, prieur du St-Ber-
16	2099,75	Refuge, rocher devant le montant, en amont de la porte	nard, hat bei No. 15, 16, 17, 18
17	2189,90	Pont Hudry, pierre au milieu, en aval	u. 19 ein Kreuz in den Stein hauen
18	2373,01	Pont sur la Dranse au bas de la Combe, pierre au milieu du dernier pont, en aval	lassen. Das Neunivellement folgt
19	2472,02	St-Bernard, sommet du col, sur une pierre au bas du perron du coté d'Aoste	der neuen Strasse.
20	2474,39	St-Bernard, porte d'entrée de l'hospice, sur le seuil, au haut du perron	Nicht bezeichnet.
21	2478,34	St-Bernard, cuvette du baromètre	Barom. hängt noch an ders. Stelle.

Einige physikalische Eigenschaften des gegossenen Quarzes.

Von

H. STIERLIN.

Einleitung.

Die Physik braucht zu Mess-, resp. Vergleichszwecken Körper, deren Eigenschaften möglichst wohldefiniert und genau bekannt sind. Das erste Erfordernis, dem ein solcher Vergleichskörper genügen muss, ist das, dass er vollständig homogen ist. Ferner muss er leicht chemisch rein erhältlich sein; er soll möglichst unempfindlich sein gegen äussere Einflüsse (Druck, Schlag, Erschütterungen, raschen Temperaturwechsel, chemische Agentien); seine Eigenschaften sollen sich in weiten Temperaturgrenzen untersuchen lassen und sollen sich mit der Temperatur nur wenig ändern.

Der amorphe Quarz, wie er von Heräus in Hanau hergestellt und in den Handel gebracht wird, genügt den meisten dieser Anforderungen: die von genannter Firma verfertigten Geräte werden aus reinem Bergkristall, also aus kristallisiertem, chemisch reinem, in der Natur reichlich vorhandenem, daher auch billigem Ausgangsmaterial gegossen; sie sind wenig spröde, sehr hart, höchst unempfindlich gegen raschen Temperaturwechsel, und werden unter allen häufiger auftretenden chemischen Feinden physikalischer Apparate nur von den Alkalisalzen etwas angegriffen. Dagegen muss hier schon bemerkt werden, dass die Homogenität der Quarzstücke in mehrerer Hinsicht noch zu wünschen übrig lässt: grössere Stücke können bis jetzt noch nicht völlig blasenfrei hergestellt werden; auch machen sich Spannungen in der erkalteten Flussmasse bei optischen Untersuchungen störend bemerkbar. — Der Schmelzpunkt des Quarzes liegt bei etwa 2000°, also höher wie die Schmelzpunkte der meisten Edelmetalle. Sein thermischer Ausdehnungskoeffizient ist sehr klein und ändert sich wenig mit der Temperatur. (Es geht dies schon hervor aus der

oben erwähnten Unempfindlichkeit gegen rasche Temperaturwechsel.) Dieses Verhalten des Ausdehnungskoeffizienten liesse erwarten, dass auch andere Eigenschaften keine grosse Abhängigkeit von der Temperatur aufweisen.

Zweck der vorliegenden Arbeit ist, einige physikalische Eigenschaften, nämlich

1. die Dichte,
2. die magnetische Drehung der Polarisationsebene,
3. die spezifische Wärme

dieses amorphen Quarzes genauer zu untersuchen. Es soll gezeigt werden, inwiefern der amorphe Quarz vermöge dieser Eigenschaften sich zu Messzwecken eignet.

Ferner sollen die genannten Eigenschaften des gegossenen Quarzes verglichen werden mit denen des Bergkristalls. Es liegt hier einer der nicht sehr häufigen Fälle vor, wo die Eigenschaften einer und derselben chemischen Verbindung in verschiedenen Modifikationen, kristallinen und amorphen, leicht untersucht werden können. Eine Vergleichung dürfte also für die Theorie der Kristallstruktur von Nutzen sein.

I. Dichte.

Material. Das zu dieser Untersuchung verwendete Quarzstück hat Zylinderform, ist ca. 25 mm lang und 15 mm dick; seine Oberfläche ist vollständig glatt. Es zeigt im Innern nur einige ganz kleine Luftblasen, deren Volumen ich insgesamt auf höchstens $^1/_{10}$ mm^3 oder also auf 0,03°/oo des Gesamtvolumens schätze.

Versuchsanordnung. Die Messung wurde nach der Auftriebsmethode ausgeführt.

Der Quarzzylinder wurde an einem möglichst dünnen Kokonfaden in destilliertem Wasser aufgehängt, dann dieses gekocht, bis das Kochen nur mehr stossweise geschah, hernach das ganze Gefäss im Rezipienten einer Wasserstrahlpumpe bei abnehmendem Druck auf Zimmertemperatur abgekühlt.

Die sämtlichen Wägungen wurden ausgeführt mit einer kleinen Wage von Hermann, Mechan. Werkstätte, Zürich, die per 1 mg bei den in Betracht kommenden Belastungen einen Ausschlag von ca. 4 Sk. T. zeigt. Da die Sk. T. ca. 1 mm messen, können also Gewichtsdifferenzen von 0,02 mg noch leicht abgeschätzt werden.

Der verwendete Gewichtssatz stammt aus der Fabrik von Hughershoff, Leipzig. Die grösseren Stücke bis abwärts zu 1 g sind aus Bergkristall geschliffen; die Stücke 0,5 g bis 0,005 g bestehen aus Pt, die 2 und 1 mg Stücke aus Al. Die Fehler sind in einer Aichtabelle der

phys. Reichsanstalt für die Quarzstücke auf 0,1 mg, für die kleineren Gewichte auf 0,01 mg angegeben. Die nämliche Tabelle enthält die Volumina der einzelnen Gewichtsstücke auf $^1/_{100}$ cm³. Ausserdem wurde noch ein 0,5 mg Stück aus einem andern Gewichtssatz verwendet. Der Fehler dieses 0,5 mg Stückes liegt nach eigener Vergleichung unter der Grenze des bei der angegebenen Empfindlichkeit Bemerkbaren.

Die einzelnen Wägungsserien wurden nach folgendem Schema ausgeführt:

1. Nullpunktsbestimmung,
2. Wägung, } Empfindlichkeitsbestimmung,
3. Wägung mit 0,5 mg Übergewicht }
4. Nullpunktsbestimmung,
5. Wägung, } Empfindlichkeitsbestimmung,
6. Wägung mit 0,5 mg Übergewicht }
7. Nullpunktsbestimmung.

Jede Ruhelagebestimmung ergab sich aus 7 aufeinanderfolgenden Umkehrpunkten. Das Mittel zweier benachbarter Nullpunktsbestimmungen wurde als Gleichgewichtslage der unbelasteten Wage für die zwischenliegende Wägung angenommen.

Die Wägungen in Wasser und in Luft wurden in je 2 solchen Serien durchgeführt. Zur Reduktion auf den luftleeren Raum wurden Luftdruck und Temperatur im Wagekasten vor und nach jeder ganzen Serie abgelesen und die hieraus sich ergebenden Mittel in Rechnung gebracht.

Die Messresultate sind die folgenden:

I. Wägung in Wasser:

	1. Serie.	2. Serie.
Aufgelegte Gewichte	4829,0 mg	4829,0 mg
Korrektur auf Nullage	— 0,19 „	— 0,06 „
Korrektur der benutzten Gewichtsstücke	+ 1,11 „	+ 1,11 „
Gewicht in Wasser	4829,92 mg	4830,05 mg
Barometerstand	730 mm	725 mm
Temperatur	16,8°	16,8°
Dichte der Luft[1])	0,001173	0,001165
Volumen der Gewichtsstücke	1,55 cm³	1,55 cm³
Korrektur auf den luftleeren Raum	— 1,82 mg	— 1,81 mg
Gewicht in Wasser (korr.)	4828,10 mg	4828,24 mg

[1]) Nach Tabelle 6, Kohlrausch, Praktische Physik 9. Aufl.

II. Wägung in Luft.

	1. Serie.	2. Serie.
ıfgelegte Gewichte	8826,0 mg	8826,0 mg
›rrektur auf Nullage	— 0,16 „	— 0,19 „
›rrektur der benützten Gewichtsstücke	+ 2,31 „	+ 2,31 „
›wicht in Luft	8828,15 mg	8828,12 mg
ırometerstand	725 mm	718 mm
›mperatur	16,7°	17,5°
ichte der Luft	0,001162	0,001145
olumen des Quarzes	$V_Q = 4{,}00$ cm³	
olumen der Gewichtsstücke	$V_G = 3{,}06$ „	
	$V_Q - V_G = 0{,}94$ cm³	
orrektur auf den luftleeren Raum	+ 1,09 mg	+ 1,08 mg
asse des Quarzstückes	8829,24 mg	8829,20 mg
araus ergibt sich für die Masse des verdrängten Wassers:	A = 4001,14 mg	4000,96 mg
›ez. Volumen des Wassers bei 16,8° [1]) $v = 1{,}001165$		
so Volumen des Quarzstückes	4005,80 mm³	4005,62 mm³
ieraus ergibt sich die Dichte des amorphen Quarzes zu	$d = 2{,}2041$	2,2042
und im Mittel	$d_{amorph} = 2{,}2042$ bei 16,8°.	

In der Literatur sind für die Dichte des amorphen Quarzes fol-
ınde Angaben vorhanden:

›ville [2]) 1855	$d = 2{,}21—2{,}23$	geschmolzener Quarz,
. Rose [2]) 1859	$d = 2{,}190—2{,}218$	amorphe Kieselsäure aus Silikaten und Fluorkiesel.

Eine neuere Dichtebestimmung, die von Herrn P. Chappuis in
ısel an einer in der optischen Werkstätte von Zeiss, Jena, herge-
›llten, vollständig blasenfreien Quarzlinse vorgenommen wurde,
ferte den Wert:

$$d = 2{,}2016 \text{ bei } 0°. \text{ [3])}$$

eser Wert ist um den relativ grossen Betrag von 1,2‰ kleiner wie
r von mir gefundene. Eine Differenz von dieser Grössenordnung
ıien zum vornherein unwahrscheinlich und machte eine Nachprüfung

[1]) Nach Landolt-Börnstein Tabellen (1905) 14.
[2]) Landolt-Börnstein, Tabellen 1905.
[3]) P. Chappuis, Eigenschaften von geschmolzenem Quarz. Verhandlungen der
.urforschenden Gesellschaft Basel 16 (1903). pag. 172—183.

des von mir gefundenen Wertes nötig. Herr Merkens, der im Physik-Laboratorium der Universität Zürich diese zweite Messung der Dichte des untersuchten Quarzstückes vornahm, erhielt genau denselben Wert wie ich.

Nachträglich bestimmte ich die Dichten der beiden bei den optischen Untersuchungen (s. u. pag. 12) benutzten Quarzzylinder.

Ihre Massen sind:

$$m_1 = 20{,}3985 \text{ g}$$
$$m_2 = 27{,}8307 \text{ „}$$

ihre Volumina:

$$\left.\begin{array}{l} v_1 = 9{,}2633 \text{ cm}^3 \\ v_2 = 12{,}6337 \text{ „} \end{array}\right\} \text{bei } 22{,}0^{\circ}.$$

Zylinder I enthält einige grössere und mehrere kleine Blasen; ich schätzte ihr Gesamtvolumen auf 3 mm³; Zylinder II dagegen nur wenige ganz kleine, deren Volumen zusammen höchstens 0,3 mm³ ausmacht. Werden die Volumina v_1 resp. v_2 um diese Beträge korrigiert, so ergeben sich die Dichten dieser beiden Quarzstücke zu

$$d_1 = 2{,}2028$$
$$d_2 = 2{,}2029.$$

Diese beiden Werte sind um ca. 0,6‰ kleiner wie der früher gefundene $d = 2{,}2042$ und um ca. 0,6‰ grösser wie der von Chappuis bestimmte Wert $d = 2{,}2016$.

Im Anschluss hieran sei darauf hingewiesen, dass auch für den Ausdehnungskoeffizienten des geschmolzenen Quarzes verschiedene Werte gefunden wurden. Für die lineare Ausdehnung dieses Körpers liegen die Ausdrücke vor:

1. Chappuis[1]):

$$l_t = l_o\,(1 + 0{,}384741 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}1150 \cdot 10^{-8} t^2)$$

2. Phys. techn. Reichsanstalt[2]):

$$l_t = l_o\,(1 + 0{,}322 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}147 \cdot 10^{-8} t^2).$$

Hieraus ergeben sich z. B.

	1. nach Chappuis,	2. nach phys. techn. Reichsanstalt
$l_{50} =$	$l_o \cdot 1{,}00002212$	$l_o \cdot 1{,}00001978$
$l_{100} =$	$l_o \cdot 1{,}00004997$	$l_o \cdot 1{,}0000469$
$l_{200} =$	$l_o \cdot 1{,}00012295$	$l_o \cdot 1{,}0001232.$

[1]) P. Chappuis l. c.

[2]) Wissenschaftliche Abhandlungen der phys. techn. Reichsanstalt Heft 1. 1904. pag. 35—60.

Daraus erhält man für den mittleren Ausdehnungskoeffizienten:

	1. n. Chappuis	2. n. Reichsanstalt	Untersch. (1—2)
zwischen 0 u. 50°:	$0{,}442 \cdot 10^{-6}$	$0{,}396 \cdot 10^{-6}$	+ 10,4%
„ 0 u. 100°:	$0{,}500 \cdot 10^{-6}$	$0{,}469 \cdot 10^{-6}$	+ 6,2%
„ 0 u. 200°:	$0{,}615 \cdot 10^{-6}$	$0{,}618 \cdot 10^{-6}$	— 0,5%.

Man steht also vor der Tatsache, dass verschiedene Stücke ein und desselben chemisch reinen Körpers physikalische Konstanten besitzen, die erheblich voneinander abweichen. Worin dies seinen Grund hat, werden weitere Untersuchungen zeigen müssen.

Für die Dichte des kristallisierten Quarzes wird angegeben:[1])

$d = 2{,}650$	Forster	$d = 2{,}653$	Schaffgotsch
2,651	Rose	2,654	Bendant
2,653	Scheerer	2,656	Deville.

Um den Unterschied zwischen den Dichten beider Modifikationen möglichst genau feststellen zu können, führte ich parallel mit der obigen Messung und unter Befolgung genau desselben Schemas eine Bestimmung der Dichte von kristallisiertem Quarz durch. Ich benützte hiezu ein Stück eines vollständig wasserklaren Bergkristalls von ca. 10 g.

Es ergab sich:

	1. Serie.	2. Serie.
Gewicht in Wasser von 16,8° auf luftleeren Raum reduziert	6,26493 g	6,26500 g
Masse	10,05582 „	10,05582 „
Auftrieb in Wasser von 16,8°	3,79089 g	3,79082 g
Volumen	3,79530 cm³	3,79523 cm³
Dichte:	2,6495	2,6496
oder Mittelwert	$d_{(krist.)} = 2{,}6496$ bei 16,8°.	

Aus den gefundenen Werten ergibt sich, dass bei 16,8° die Dichte des amorphen (gegossenen) Quarzes 83,19% derjenigen des Bergkristalls ausmacht.

Der amorphe Quarz würde sich sehr gut eignen als Senkkörper bei der Untersuchung der spezifischen Gewichte von Flüssigkeiten, speziell also auch zur Messung der kubischen Ausdehnungskoeffizienten von Flüssigkeiten. — Vorzüge des amorphen Quarzes in dieser Hinsicht sind:

[1]) Landolt-Börnstein, Tabellen 1905.

1. seine grosse chemische Beständigkeit (keine Volumänderung wegen Auflösung an der Oberfläche, leicht zu reinigen);
2. seine physikalische Beständigkeit:
   1. grosse Härte, 2. ziemliche Unempfindlichkeit gegen Stoss, 3. ist verwendbar bis gegen 2000°, 4. erträgt plötzliche Temperaturänderungen, 5. besitzt sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten.

II. Magnetische Drehung der Polarisationsebene.

Mit der Tangentenbussole absolute Stromstärkemessungen auszuführen ist heutzutage wegen der lästigen Störungen durch nahe Starkstromleitungen in den meisten Laboratorien ein Ding der Unmöglichkeit. Galvanometeraichungen mit Hilfe des Silbervoltameters sind, wenn sie genügend genaue Resultate liefern sollen, ziemlich umständlich und zeitraubend. Es ist deshalb schon wiederholt der Vorschlag gemacht worden, die von Faraday entdeckte elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene in durchsichtigen Medien zu Stromstärkemessungen zu verwenden. Kopp[1]) untersuchte die Verwendbarkeit von Schwefelkohlenstoff, dessen spezifische Drehung gross ist, aber ungünstigerweise ziemlich starke Abhängigkeit von der Temperatur zeigt. Joubert, Mascart, Quinke untersuchten verschiedene Gläser, auch Zinkblende und Eisensalzlösungen, u. a.; Junghans[2]) und Pollak[3]) eine Serie von schweren Silikat-Flint-Gläsern und Barium-Silikat-Gläsern von Schott & Gen. Jena. Die Drehung in diesen Gläsern ist noch grösser (bis auf das 2,33fache) wie diejenige von CS_2 und ist wenig abhängig von der Temperatur. Dagegen sind eben Gläser Mischungen, die praktisch unmöglich immer von genau gleicher Zusammensetzung, also von zuverlässig gleichen Eigenschaften sind. Diesen Übelstand weist der Quarz als Verbindung nicht auf; es scheint deshalb dieses Material für den angeführten Zweck sehr geeignet zu sein. Und zwar käme in erster Linie in Betracht der Bergkristall. — Man könnte daran denken, einen Quarzzylinder parallel der optischen Achse zu verwenden; die magnetische Drehung homogenen Lichtes würde sich dann einfach zur natürlichen addieren und könnte aus der Differenz zweier Ablesungen am Teilkreis des Polarisationsapparates ermittelt werden. Um eine magnetische Drehung von nur einigen Graden zu erhalten, müssten Quarzschichten von mehreren

[1]) R. Kopp, IX. Jahresber. der phys. Ges. Zürich.
[2]) Junghans, Inaug. Diss., Zürich 1902.
[3]) Pollak, Inaug. Diss., Zürich 1903.

cm Länge verwendet werden. Bei einer Schichtlänge von 5 cm z. B. wäre aber die natürliche Drehung für eine Na Welle [1]) ca. $50 \cdot 21{,}7^0 = 1085^0$. Da sich diese Drehung pro 1^0 Temperaturänderung um ca. 0,15‰, also um $0{,}16^0$ ändert, so ist leicht ersichtlich, dass genaue Messungen der magnetischen Drehung unmöglich wären. Borel [2]) hat die natürliche Drehung durch Hintereinanderschalten von 2 entgegengesetzt drehenden Quarzzylindern möglichst gleicher Länge kompensiert und ist so zu genauen Resultaten gekommen.

Der von mir untersuchte gegossene Quarz zeigt als homogener Körper keine natürliche Drehung, und kann daher in einfachster Weise verwendet werden.

Versuchsanordnung. Die mir zur Verfügung stehenden Apparate waren dieselben, die von Pollak [3]) verwendet wurden. Ich operierte mit Na Licht und wählte als vorteilhaftesten Schattenwinkel des als Halbschattenapparat gebrauchten Wildschen Polaristrobometers bei allen Messungen den Winkel -7^0. Die felderzeugende eisenfreie Spule wurde mit Strom beschickt, der von einer 30zelligen Akkumulatorenbatterie geliefert wurde. Zur Messung der Stromstärke diente ein mit der Spule in Serie geschaltetes Siemensches Milli-Ampèremeter mit passendem Shunt.

Material. Ich verwendete zu diesen Untersuchungen zwei Quarzzylinder I und II von ca. 50, resp. 72 mm Länge und etwa 13 mm Durchmesser, deren Grundflächen in der optischen Werkstätte von Zulauf & Cie., Zürich, planparallel geschliffen wurden. Auch diese Zylinder wiesen vereinzelte kleine Luftbläschen auf; störender als diese machte sich eine in Vorversuchen konstatierte, offenbar von unvorsichtiger Kühlung herrührende Doppelbrechung der Quarzstücke bemerkbar. Durch längeres Erhitzen der Zylinder auf über 800^0 in einem elektrischen Ofen und nachheriges langsames Abkühlen gelang es, die vorhandenen Spannungen zum grössten Teil wegzubringen: Zwischen gekreuzte Nicols gebracht und bei homogenem Licht untersucht, lieferten die Zylinder annähernd gleichmässig dunkles Gesichtsfeld, während dasselbe vor der beschriebenen Behandlung fleckig aufgehellt war.

---

[1]) Praktisch könnte das sonst so bequeme Na Licht wegen seiner Inhomogenität bei solchen Schichtlängen gar nicht verwendet werden.

[2]) A. Borel, Sur la polarisation rotatoire magnétique du Quartz, Dissertation. Genève 1903.

[3]) Vergl. S. Pollak, Magnetische Rotation der Polarisationsebene, Inaug. Diss. Zürich 1903.

Versuche.

Meine Untersuchungen erstreckten sich auf folgende drei Punkte:

1. Abhängigkeit der Drehung von der Feldstärke;
2. Bestimmung der Verdetschen Konstanten;
3. Änderung der Verdetschen Konstanten mit der Temperatur.

1. Nach Faraday und Verdet ist die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene direkt proportional der Feldstärke. Um die Gültigkeit dieses Gesetzes für den amorphen Quarz nachzuweisen, mass ich die Drehung im (damals zur Verfügung stehenden) Zylinder No. I bei 4 verschiedenen Feldstärken (Maximum $H =$ ca. 800 $cm^{-1/2} gr.^{1/2} sec.^{-1}$). Da bei der Felderzeugung durch eine Spule die Feldstärke proportional der Stromstärke ist, seien die abgelesenen Drehungen als Funktionen der Stromstärke angegeben.

Es bedeute 2α die Differenz der Ablesungen am Analysatorteilkreis nach Einstellungen bei positiver und negativer Richtung des Stromes i Ampère in der Spule; $l = 5{,}0182$ cm die Länge des Quarzzylinders. Dann ergaben sich als Mittel von je 10 Doppelablesungen:

2α	i Amp.	$\frac{\alpha}{i}$	$\frac{\alpha}{i.\,l.}$
0.497	2.10	0.1184	0.02359
1.186	4.85	0.1223	0.02437
1.455	5.99	0.1214	0.02420
1.875	7.70	0.1218	0.02426

Fig. 1 zeigt, dass die Kurve, welche die Drehung als Funktion der Stromstärke darstellt, fast genau eine Gerade wird. Bei der Stromstärke 2.10 Amp. weicht der für $\frac{\alpha}{i}$ gefundene Wert von dem Mittel der drei letzten Werte um ca. 2,8% ab. Da bei dieser kleinen Stromstärke die doppelte Drehung weniger wie 0,5° beträgt, und weil, wie aus der weiter unten in extenso angeführten Beobachtungsreihe ersichtlich ist, die einzelnen Ablesungen trotz grösstmöglicher Anstrengung des Auges bei den Einstellungen noch maximale Unterschiede von mehreren Hundertstelgraden aufwiesen, so ist die Abweichung des Wertes $\frac{\alpha_1}{i_1}$ vom Mittelwert um 2,8% leicht erklärlich.

Es darf also angenommen werden, dass die magnetische Drehung der Polarisationsebene in Quarz im Untersuchungsgebiet der Feldstärke proportional ist.

2. Das elektromagnetische Drehvermögen eines Körpers ist definiert durch seine Verdetsche Konstante, d. i. die Drehung pro Längeneinheit beim magnetischen Potentialgefälle 1. Die Verdetsche Konstante drückt sich demnach aus in der Form:

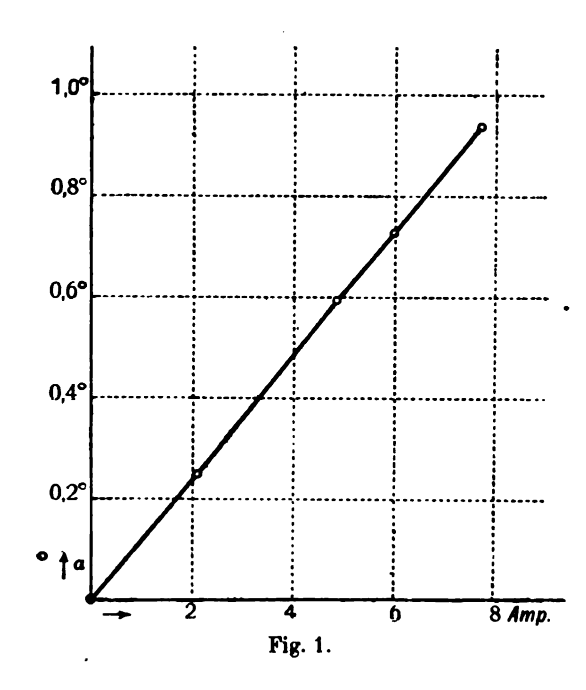


Fig. 1.

$$C = \frac{\alpha}{\Phi_+ - \Phi_-}.$$

Dabei bedeutet Φ_+ das magnetische Potential in der Eintrittsfläche u. Φ_- dasjenige in der Austrittsfläche der Lichtstrahlen. Für nicht ferromagnetische Medien wird demnach:

$$C = \frac{\alpha}{H \cdot l}$$

wobei α in Minuten H in Gauss und l in cm anzugeben sind.

Pollak[1]) leitet nach dem Beispiel von Köpsel[2]) für die benützte felderzeugende Spule folgende Formel ab:

$$\Phi_+ - \Phi_- = H \cdot l = 4 \pi i \cdot N \cdot \frac{p}{b} \left[1 - \frac{1}{6} \frac{a'^2 + a' a'' + a''^2}{b^2 - p^2}\right].$$

Darin ist

i = die Stromstärke in CGS
N = 3911 Windungszahl der Spule
b = 24,35 cm halbe Spulenlänge
a' = 0,93 cm Radius der innersten Windungslage
a'' = 5,15 cm Radius der äussersten Windungslage
p = 3,598 cm halbe Länge der drehenden Schicht (Quarzzylinder No. II).

Daraus bekommen wir für C:

$$C = \frac{\alpha \cdot b}{4 \pi i \cdot N \cdot p \cdot \left[1 - \frac{1}{6} \frac{a'^2 + a' a'' + a''^2}{b^2 - p^2}\right]}.$$

---

[1]) Pollak l. c.

[2]) Köpsel, Annalen d. Physik und Chemie, Bd. 26. 1885.

Zur Bestimmung dieser Konstanten wurden bei einer Stromstärke von ca. 7 Amp. 3 Versuchsreihen mit Quarzzylinder II ausgeführt, deren eine ausführlich beschrieben sei:

Es wurde hierbei nach jeder Einstellung die Stromstärke am Ampèremeter abgelesen, dann der Strom unterbrochen, damit keine merkliche Erwärmung der Spule eintrat, hernach der Teilkreis Nonius abgelesen und darauf das Ganze bei umgekehrter Stromrichtung wiederholt.

Die Einstellungen geschahen in einem sorgfältig verdunkelten Raum; für die Ablesungen wurde nur kurze Zeit eine eben genügende Gasflamme hochgedreht, so dass das Auge für geringe Lichtunterschiede möglichst empfindlich blieb.

Die Ablesungen waren die folgenden:

Temperatur 25°.

	$+i$	A_1	$-i$	A_2
	0,691	184,49°	0,702	182,09°
	0,690	49	0,695	08
	0,687	52	0,695	10
	0,687	53	0,693	09
	0,685	50	0,690	06
	0,695	51	0,700	08
	0,692	50	0,696	12
	0,690	52	0,696	10
	0,690	51	0,696	09
	0,688	52	0,693	14
Mittel:	0,6895	184,509	0,6956	182,095

Daraus ergibt sich:

$$2\alpha = 2{,}414^0 = 144{,}84'$$

$$2i = 1{,}3851 \text{ gr.}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ sec.}^{-1}$$

und demnach durch Einsetzen der Werte in obigen Ausdruck für C:

		Δ
	$C_1 = 0{,}01453'$	$-\ 0{,}00006$
analog aus zwei weiteren	$C_2 = 0{,}01468'$	$+\ 0{,}00009$
Beobachtungsreihen	$C_3 = 0{,}01456'$	$-\ 0{,}00003$
Mittel:	$C_{25^0} = 0{,}01459'$	$+\ 0{,}00005$ oder $0{,}34\%$
	$cm^{-1/2}\, gr.^{-1/2}\, sec.$	(mittlerer Fehler).

3. Eine Vorrichtung, um die magnetische Drehung bei genau messbarer höherer Temperatur zu untersuchen, stand mir nicht zur

Verfügung. Doch gelang es, durch Stromüberlastung der Spule zwischen den einzelnen Ablesungen die Temperatur während längerer Zeit bei ca. 100° innerhalb 5° konstant zu erhalten. Als Mittel aus 20 Doppelablesungen wurde erhalten:

$$2\,i = 1{,}1813\ CGS.$$
$$2\,\alpha = 1{,}447^{\circ} = 86{,}82'$$
$$p = 2{,}509 \text{ cm (Zylinder I).}$$

Temperatur, aus 5 über die ganze Serie gleichmässig verteilten Ablesungen an einem geaichten Quecksilberthermometer, das jeweilen an das Quarzstück herangeschoben wurde, im Mittel 102°. Hieraus berechnete sich C (102°) zu

$$\underline{C_{102^{\circ}} = 0{,}01465'}\ \text{cm}^{-1/2}\ \text{gr.}^{-1/2}\ \text{sec.}$$

Vergleicht man diesen Wert mit dem bei 25° gefundenen, so ergibt sich, dass das magnetische Drehvermögen von 25° bis 102° mit der Temperatur wächst, und zwar beträgt die Zunahme pro 77° 0,00006′ oder 0,41 %, folglich für 100° extrapoliert ca. 0,5 %.

Diese Änderung der Verdetschen Konstanten mit der Temperatur ist aber so klein, dass das erhaltene Resultat nur als qualitativ richtig angenommen werden darf.

Vergleichung mit andern Messungen.

Die magnetische Drehung in kristallisiertem Quarz ist, wie schon erwähnt, von Borel[1]) des genaueren untersucht worden.

Borel findet für die Verdetsche Konstante des Bergkristalls bei Na Licht:

$$C_{24^{\circ},4} = 0{,}016843'$$
$$C_{96^{\circ}} = 0{,}017008'.$$

Es zeigt sich also, dass das Drehvermögen des amorphen Quarzes, entsprechend der Dichte, kleiner ist wie das des kristallisierten, und zwar beträgt

$$C_{amorph.}\ \text{ca. } 86{,}2\,\%\ \text{von } C_{krist.}$$

oder das Verhältnis beider Drehvermögen ist:

$$\frac{C_{amorph.}}{C_{krist.}} = 0{,}862 \quad \text{entsprechend Dichtenverhältnis:} = 0.832.$$

Borel findet auch für den kristallisierten Quarz eine Zunahme des Drehvermögens mit der Temperatur. — Beide Modifikationen unterscheiden sich hierdurch prinzipiell von den meisten übrigen Körpern:

[1]) Borel l. c.

Gläser, Zinnchlorid, Wasser, hauptsächlich aber Schwefelkohlenstoff weisen bei höherer Temperatur entsprechend der geringeren Dichte ein kleineres Drehvermögen auf wie bei tiefer Temperatur.

Zur Stromstärkemessung mittelst Beobachtung der magnetischen Drehung der Pol. Ebene eignet sich der amorphe Quarz wegen seiner konstanten Zusammensetzung besser wie Gläser; als fester Körper ist er für diesen Zweck geeigneter wie Schwefelkohlenstoff, dessen Schlierenbildung störend ist. Er hat aber ein kleineres Drehvermögen [1]), müsste also in längeren Schichten angewandt werden, um dieselbe Empfindlichkeit der Strommessung zu gestatten. Vorsichtige Behandlung beim Giessen dürfte seine ihm etwa anhaftende störende Inhomogenität verunmöglichen.

III. Spezifische Wärme.

Einleitung.

Wird einem Körper Wärme zugeführt, so ruft dieselbe im Körper drei verschiedene Wirkungen hervor:

1. Die kinetische Energie der Massenteilchen wird vergrössert (Temperaturerhöhung).
2. Die potentielle Energie, welche den Massenteilchen vermöge der Anwesenheit benachbarter Teilchen zukommt, wird verändert (innere Arbeit).
3. Es wird äussere Arbeit geleistet.

Der Betrag von zugeführter Energie, der in äussere Arbeit verwandelt wird, ist bei festen Körpern sehr klein, darf also vernachlässigt werden.

Nach Clausius ist die kinetische Energie eines kleinsten Massenteilchens direkt proportional der absoluten Temperatur des Körpers. Wird die Temperatur der Masseneinheit eines Körpers um 1° erhöht, so wird hierzu (abgesehen von innerer Arbeit) immer die gleiche Energiemenge verbraucht, wie auch die Anfangstemperatur des Körpers sei.[2]) Wenn daher die spezifische Wärme eines festen Körpers nicht eine Constante ist, so muss der Grund dafür darin liegen, dass

[1]) Bezeichnet man das Drehvermögen des amorphen Quarzes mit 1, so beträgt dasjenige

des schwersten von Junghans (l. c.) untersuchten Glases 6,71
von CS_2 (Köpsel, W. A. 26 1885 pag. 456) 2,88
von H_2O (Arons, W. A. 24 1885 pag. 161) 0,89.

[2]) Damit dieser Schluss gültig ist, müssen wir die Annahme machen, dass sich die Zahl der kleinsten Teilchen in der Masseneinheit des betrachteten Körpers mit der Temperatur nicht ändert. (Dissoziation ausgeschlossen.)

der Betrag an zugeführter Energie, der parallel der Temperaturerhöhung um 1° in innere Arbeit verwandelt wird, bei verschiedener Temperatur verschiedenen Wert hat.

Die innere Arbeit besteht in der Überwindung der zwischen den einzelnen Massenteilchen wirkenden Kräfte längs eines bestimmten Weges, nämlich längs der Vergrösserung der mittleren Abstände von Massenteilchen zu Massenteilchen. Das Wachsen dieser Abstände geht aber parallel der Volumzunahme des ganzen Körpers. Demnach müsste der Betrag der in innere Arbeit verwandelten Wärme mit dem Ausdehnungskoeffizienten eines Körpers wachsen, und Körper mit grossem Ausdehnungskoeffizienten müssten eine grosse Wärmemenge zu innerer Arbeitsleistung beanspruchen. Umgekehrt: ist der Ausdehnungskoeffizient eines Körpers klein und ändert er sich wenig mit der Temperatur, so wird die pro 1° Temperaturänderung geleistete Arbeit klein ausfallen und sich auch wenig ändern.

Der amorphe, durch Schmelzen von Bergkristall erhaltene Quarz besitzt einen sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten (vgl. pag. 390). Es liesse sich also erwarten, dass seine spezifische Wärme anormal klein ist (z. B. kleiner als die des kristallisierten Quarzes, dessen Ausdehnungskoeffizient grösser ist[1]), und dass sie nahezu unabhängig ist von der Temperatur.

Dies zu untersuchen war neben den eingangs erwähnten Punkten Zweck des folgenden.

Versuchsmethode.

Alle Versuche wurden ausgeführt nach der Mischungsmethode. Als Calorimeterflüssigkeit diente destilliertes Wasser. Die Temperaturmessungen im Calorimeter wurden mit Thermoelementen ausgeführt, im Heiz-, resp. Kühlgefäss teils auch mit Thermoelement, teils mit Quecksilber-, resp. Toluol-Thermometern.

Versuchsmaterial.

Ca. 5 mm weite Quarzröhren, von Heräus in Hanau geliefert, wurden in 30 mm lange Stücke geschnitten. Solcher Röhrchen, deren Masse je etwa 1 g betrug, wurden je nach Anfangstemperatur und Wasserwert des Calorimeters eine günstige Anzahl (Max. 7) mit feinem Pt-Draht in ein Bündel zusammengebunden. Diese Form der Calori-

---

[1]) Lin. Ausdehnung des Bergkristalls;
parallel der Hauptaxe: $l_t = l_o (1 + 7{,}144 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}815 \cdot 10^{-8} \cdot t^2)$
senkrecht zur Hauptaxe: Ausdehnungskoeffizient grösser.
Wissenschaftliche Abhandlungen der phys.-techn. Reichsanstalt. Heft 1. 1904. pag. 35—60.

metrischen Substanz ist äusserst günstig: 1. wird die Gefahr des Zerspringens bei rascher Abkühlung (wie es z. B. beim Abschrecken von Bergkristall eintritt) durch die geringe Dickendimension bedeutend vermindert; 2. geht der Wärmeaustausch infolge der relativ grossen Oberfläche des Körpers sehr rasch vor sich, was die immer unsichere Strahlungskorrektur auf ein Minimum beschränkt. Bei den Versuchen, bei welchen das Quarzbündel aus dem Ofen direkt ins Calorimeterwasser fiel, betrug die Zeit zwischen Einwurf und Erreichung der höchsten Temperatur nur 30 Sek., die Strahlungskorrektur nie über 4 ‰ der Gesamtwärme.

Ein Zerspringen der Quarzröhrchen trat auch bei den rasantesten Temperatursprüngen, welche dieselben durchzumachen hatten, nie ein.

Calorimeter.

So lange die Anfangstemperatur unterhalb 600° blieb, wurde das Quarzbündel immer direkt ins Calorimeterwasser eingeworfen. Das zu diesen Versuchen verwendete Calorimeter besteht aus dünnem Kupferblech, besitzt einen Inhalt von ca. 30 cm^3, ist mit einem hinter dem eingeführten Quarzbündel sich automatisch schliessenden Deckel, einem an der Wand befestigten feinen *Cu*-Röhrchen zur Aufnahme des Thermoelementes und einem ebenfalls aus *Cu* bestehenden Rührer versehen. Der Wasserwert des Ganzen beträgt 0.452 Cal.

Das Rühren wurde auf folgende Art besorgt: Neben dem Calorimeter[1]), auf dem gleichen Fussbrett montiert, steht eine *U*-förmig gebogene Röhre; der eine Schenkel ist mit einer kugelförmigen Erweiterung versehen und mündet oben in einen Schlauchansatz aus. Der untere Teil der *U*-Röhre ist mit Quecksilber gefüllt. Im geraden Schenkel schwimmt auf dem Quecksilber ein gläserner Hohlkörper, der eine senkrechte, in Führungen leicht bewegliche Stange trägt. Ein hölzerner Arm, oben an der Stange angebracht, besorgt schliesslich die Verbindung mit dem Rührer. Ein längerer Gummischlauch führt vom Ansatzrohr zu einem Gummiball am Beobachtungsort. Durch Druck auf diesen Ball wird pneumatisch das *Hg* in die Steigröhre hinübergedrängt, der Rührer dadurch um nahezu Calorimeterhöhe gehoben, beim Loslassen des Balls wieder gesenkt. Diese Einrichtung wurde bei allen Versuchen angewendet und erwies sich dadurch als praktisch, dass ein regelmässiges, ununterbrochenes Rühren vom entfernten Standpunkt des Beobachters aus möglich war.

Als die Anfangstemperatur über 600° gewählt wurde, machte sich beim Einwurf des Körpers ins Calorimeterwasser ein deutliches

[1]) Siehe Fig. 2.

Zischen bemerkbar, was bei tieferen Anfangstemperaturen nicht beobachtet werden konnte. Wägungen des Calorimeters vor und nach dem Versuch ergaben eine Differenz, die beträchtlich (bis 15 mgr.) grösser war wie die Masse des sonst während der gleichen Zeit und bei gleichen Umständen von der Oberfläche aus verdunsteten Wassers. Es wurde also bei diesen hohen Anfangstemperaturen des Körpers beim Einwerfen desselben ins Calorimeter Wasser verdampft. Ich schreibe diesen Umstand, der von früheren Beobachtern auch bei noch höheren Anfangstemperaturen ausdrücklich nicht konstatiert werden konnte, der eigentümlichen Form meines Untersuchungskörpers, seiner grossen Oberfläche zu.

Zur Vermeidung dieser Fehlerquelle wurden alle Versuche von 600° aufwärts so ausgeführt, dass der erhitzte Körper nicht direkt ins Wasser fiel, sondern erst nachdem er sich unter 100° abgekühlt hatte, mit dem Calorimeterwasser in Berührung gebracht wurde. Das diesem Zwecke dienende Doppelcalorimeter ist in Fig. 2 veranschaulicht.

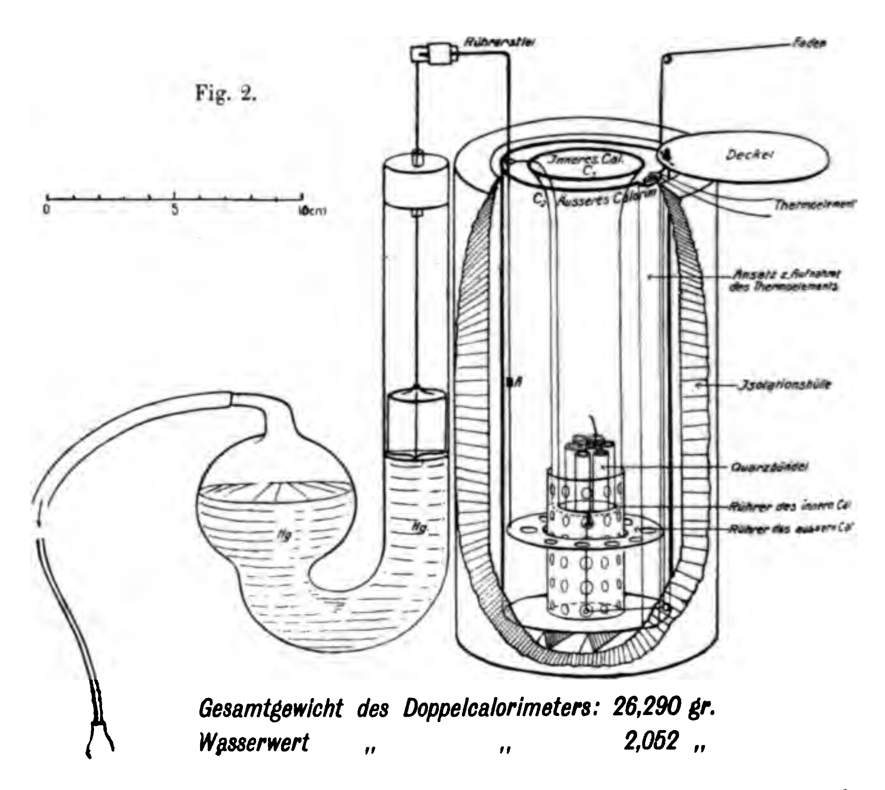
Das innere, aus Silber bestehende Calorimeter C_1 ist leer und schwimmt, durch Führungen orientiert, in der Mitte des mit Wasser fast ganz gefüllten äusseren C_2. Ein aus der Figur ersichtlicher Fadenzug hält C_1 in solcher Höhe fest, dass sein oberer Rand wenig unter dem oberen Rand von C_2 liegt. Der Rührer des äusseren Calorimeters ist mit der oben beschriebenen Rührvorrichtung verbunden.

Die Versuche mit diesem Calorimeter nahmen folgenden Verlauf: Nachdem das Rührwerk in regelmässigen Gang gebracht und die Temperatur des Calorimeters bestimmt war, wurde das erhitzte Quarzbündel in das sorgfältig getrocknete innere Calorimeter fallen gelassen. Unmittelbar nachher wurde die Arretierung des mit einer Schliessfeder versehenen, blank versilberten Deckels (2. Fig.) gelöst und also das äussere Calorimeter verschlossen. Der Wärmeaustausch ging nun zunächst hauptsächlich durch Strahlung vor sich. War die Temperatur des Quarzes etwas unter 100° gesunken, was aus dem Verhältnis der schon eingetretenen Temperaturerhöhung des Calorimeters zu der im voraus ungefähr ausgerechneten gesamten Temperaturerhöhung leicht erkannt werden konnte, so wurde durch Zug am Faden das innere Calorimeter ganz auf den Boden des äusseren heruntergebracht. Dabei füllte sich C_1 zu etwa $^2/_3$ mit Wasser, und sein Rührer, dessen Stiel mit einer Öse den Stiel des äusseren Rührers lose umfasst, wurde von diesem Moment an durch die Verdickung A am Stiel des äusseren Rührers gehoben und gesenkt. Durch Wärmeleitung geschah jetzt der endgültige Wärmeausgleich sehr rasch.

Die Zeitdauer zwischen der Ablesung der Anfangs- und der Endtemperatur des Calorimeters war natürlich ziemlich grösser wie bei

den früheren Versuchen. Sie stieg aber nie über 6 Min.; die Strahlungskorrektur betrug gewöhnlich etwa 5‰ der Gesamtwärme; sie stieg in einem einzigen Falle auf 11‰.

Nimmt man an, dass die Strahlungskorrektur auf 10% ihres Wertes genau sich berechnen lässt, was mit Sicherheit möglich ist,



Gesamtgewicht des Doppelcalorimeters: 26,290 gr.
Wasserwert „ „ 2,052 „

so ist ein Fehler, durch die Strahlung verursacht, immer kleiner als die angestrebte Genauigkeitsgrenze ca. 3‰ der Gesamtwärme. Dass auch der Fehler, der etwa durch Entweichen von erwärmter Luft aus dem inneren Calorimeter entstehen könnte, unter die Grenze der gewünschten Genauigkeit der Messungen fällt, soll durch folgende Überlegung erwiesen werden.

Die Zeit zwischen Einwurf des erhitzten Körpers und Verschliessen des äusseren Calorimeters betrug höchstens eine Sekunde. Während dieser Zeit konnte ein merklicher Verlust nicht eintreten. Nachher aber konnte erhitzte Luft nur langsam unter den Rändern des zwar leicht konstruierten, aber möglichst gut schliessenden Deckels abfliessen, und war so gezwungen, längere Zeit mit den Wänden des inneren Calorimeters in Berührung zu bleiben, und dort den Hauptteil der aufgenommenen Wärme wieder abzugeben. Jedenfalls aber

war ein Einströmen von kalter Ersatzluft ausgeschlossen. Nehmen wir an, dass bei einer Versuchsanfangstemperatur von 900° die Luft im inneren Calorimeter in der Nähe des heissen Quarzstückes auf 900° erhitzt werde, dass sie in C_1 aufsteigend mit einer Temperatur von 100°, was sicher zu hoch gegriffen ist, beim Deckel ankommt. Die mittlere Temperatur im inneren Luftraum wäre also gestiegen von 20° auf ca. 500°; das Volumen der Luft wäre dadurch auf den $2\frac{1}{2}$fachen früheren Betrag ausgedehnt worden, und es müssten also $\frac{3}{5}$ der früher vorhandenen Luft abfliessen.

Nun beträgt der Inhalt des inneren Calorimeters ca. 35 cm³, enthält also bei Zimmertemperatur $35 \cdot 1{,}2$ mgr. $= 42$ mgr. Luft. Davon fliessen ab $\frac{3}{5}$ oder 25 mgr., und zwar bei 100°. Hierdurch gehen für die Beobachtung verloren: $25 \cdot 0{,}25 \cdot 80 = 500$ mgr. Calorien.

Da die bei der Versuchstemperatur 900° ins Calorimeter eingeführte Wärmemenge (siehe unten) über 800 gr. Calorien betrug, fällt der Fehler, der infolge Wärmetransportes durch abfliessende Luft entsteht, ebenfalls unter die Grenze der verlangten Genauigkeit.

Herr Brunner[1]), der im Physik-Laboratorium der Universität Zürich die spezifischen Wärmen von Calcium und Magnesium untersuchte, hat unmittelbar nach meinen Messungen mit einem ähnlichen Doppelcalorimeter gearbeitet. Eine ganz analoge Berechnung ergibt, dass auch bei seinen Versuchen der Fehler, entstehend durch Wärmeverlust beim Entweichen von erhitzter Luft, kleiner wie 1‰ ausfällt, dass also der Einwurf der Rezension[2]), es könnte in einem solchen Wärmeverlust eine erhebliche Fehlerquelle liegen, unbegründet ist.

Kühl- und Heizapparate.

Als Anfangstemperaturen wählte ich für meine Versuche ca. — 80°, + 100°, 200°, 300°, . . . 900°.

Die Temperatur — 80° wurde hergestellt mittelst eines Gemisches von fester Kohlensäure und Äther in einem Gefäss, wie es Fig. 3 zeigt.

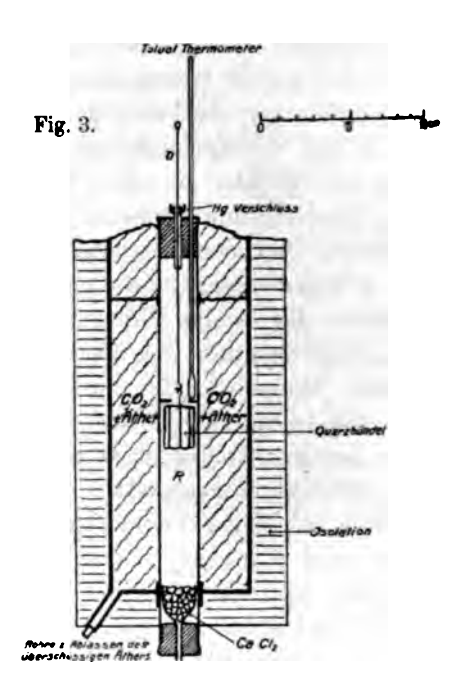
Bei diesen Versuchen ist hauptsächlich dafür Sorge zu tragen, dass während der Abkühlung keine Spur von Wasser, resp. Eis sich auf dem Quarz niederschlagen kann, weil sonst die ganze Schmelzwärme dieses Eises nachher dem Calorimeter entnommen wird, was die spezifische Wärme des untersuchten Körpers zu gross ausfallen

[1]) R. Brunner. Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Calciums und Magnesiums von der Temperatur. Inaug. Diss., Zürich 1906.

[2]) Annalen der Physik 5. 1907, Beiblätter (Dr. H. Alt, München).

liesse. Es sind dagegen folgende Vorsichtsmassregeln getroffen worden: Das den Körper aufnehmende, in der Mitte des Kühlgefässes stehende Glasrohr *R* ist oben und unten mit gut paraffinierten Korkpfropfen verschlossen. Der eiserne Draht *D*, an welchem der Quarz hängt, läuft durch ein feines Kapillarrohr, das wie auch das Toluolthermometer mit Paraffin im oberen Pfropf eingedichtet ist. Ein Tropfen Quecksilber in einer Erweiterung der Kapillare macht den luftdichten Abschluss oben vollständig. Den unteren Pfropf durchdringt auch eine Kapillare, die unmittelbar über dem Kork in ein grösseres Gefäss erweitert ist. Dieser Trichter ist mit wasserfreiem Chlorkalcium angefüllt. — Bevor das Kühlgefäss mit der CO_2-Äthermischung beschickt wurde, trocknete ich jeweilen sorgfältig die innere Röhre längere Zeit mit $Ca\,Cl_2$. Die Luft, die während der Abkühlung ins Innere des Glasrohres durch die untere Kapillare eindrang, wurde in der $Ca\,Cl_2$ Schicht vollständig getrocknet.

Fig. 3.



Das Kühlgefäss war so hoch über dem Experimentiertisch aufgestellt, dass das Calorimeter unmittelbar unter die untere Mündung des Glasrohres geschoben werden konnte. Der Quarz konnte also, nach Entfernen des unteren Pfropfens, direkt ins Calorimeter fallen gelassen werden.

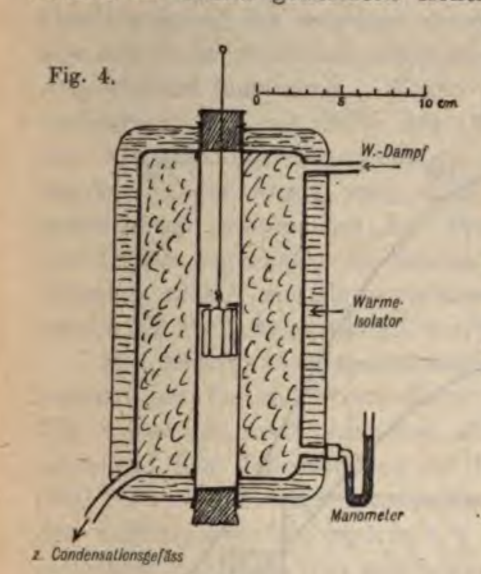
Der Transport des auf konstante Temperatur abgekühlten Quarzbündels ins Calorimeter nahm daher so wenig Zeit in Anspruch, dass weder eine Erwärmung, noch eine Kondensation von Wasserdampf aus der durchlaufenen Schicht der Zimmerluft möglich war.

Die Ablösung des Quarzbündels vom Aufhängedraht geschieht folgendermassen: Durch Zug an diesem Draht wird das Bündel etwas gehoben, stösst gegen einen fest im Rohr sitzenden Drahtring und kann dem Zug nicht weiter folgen. Dadurch wird das aus feinem *Pt* Draht bestehende Aufhängehäkchen aufgebogen; der Körper wird frei und fällt nach unten.

Ein doppelwandiges Gefäss (siehe Figur 4), in welches aus einem ca. 2 l fassenden Siedegefäss Wasserdampf in kräftigem, kontinuierlichem Strom eingeleitet wurde, diente zur Herstellung der Anfangstemperatur bei 100°. Ein Schlangenkühler nimmt den Abdampf auf; ein offenes Wassermanometer erlaubt die Druckmessung im Heizgefäss.

Alle höheren Anfangstemperaturen wurden mittelst eines von Heräus in Hanau gelieferten elektrischen Ofens erzielt. Der Heizstrom wurde einer 30zelligen Akkumulatorenbatterie entnommen, die währenddessen nicht anderweitig beansprucht war. Das Anheizen geschah mit ziemlich hoher Stromstärke. Näherte sich die Temperatur in der Mitte des Ofens dem gewünschten Wert, so wurde nach und nach die Stromstärke verkleinert, bis schliesslich der stationäre Zustand eintrat. Nachher genügt eine kleine Regulierung des Vorschaltwiderstandes, um die Temperatur innerhalb 2 bis 3° konstant zu halten.

Fig. 4.



Dieser Ofen besteht aus einem 60 cm langen Porzellanrohr von 20 mm Lichtweite. Es ist auf einer Strecke von 45 cm mit einer *Pt*-Bandspirale umwickelt, die den Heizstrom führt. Nach aussen isoliert thermisch eine 6 cm mächtige Asbestschicht. Das Ganze ist auf einem Brett montiert, das um eine horizontale Axe umgekippt werden kann und ist so hoch über dem Arbeitstisch aufgestellt, dass die Mündung des Porzellanrohres bei schiefer Stellung des Ofens fast die Calorimeteröffnung berührt. Während des Heizens steht der Ofen horizontal. Das Porzellanrohr ist auf beiden Seiten mit Asbestpfropfen verschlossen; der Quarz liegt in der Mitte des Rohres, an die Lötstelle des zur Temperaturmessung dienenden Thermoelementes mit feiner *Pt* Drahtöse angebunden. Das Fallenlassen des Körpers ins Calorimeter geschieht bei Kipplage des Ofens nach Entfernung des vorderen Asbestpfropfens durch eine Manipulation, wie sie bei den Versuchen bei — 80° beschrieben wurde.

Die Temperaturverteilung in diesem Ofen wurde bei zwei verschiedenen Mittentemperaturen aufgenommen. Fig. 5 zeigt das Resultat.

Wie aus der Figur ersichtlich ist, fällt die Temperatur von der Mitte des Ofens gegen aussen rasch ab. Z. B. bei der Mittentemperatur 304° betrug der Temperaturfall auf einer Strecke von 10 cm 20°. Da die Länge der Quarzröhrchen nur 3 cm betrug, und weil das Bündel gut in der Mitte des Ofens unmittelbar neben der Lötstelle des Thermoelementes lag, konnte wohl die Angabe des Thermoelements höchstens einen Fehler von 1° aufweisen, also das Resultat im schlimmsten Falle um 3‰ unrichtig ausfallen.

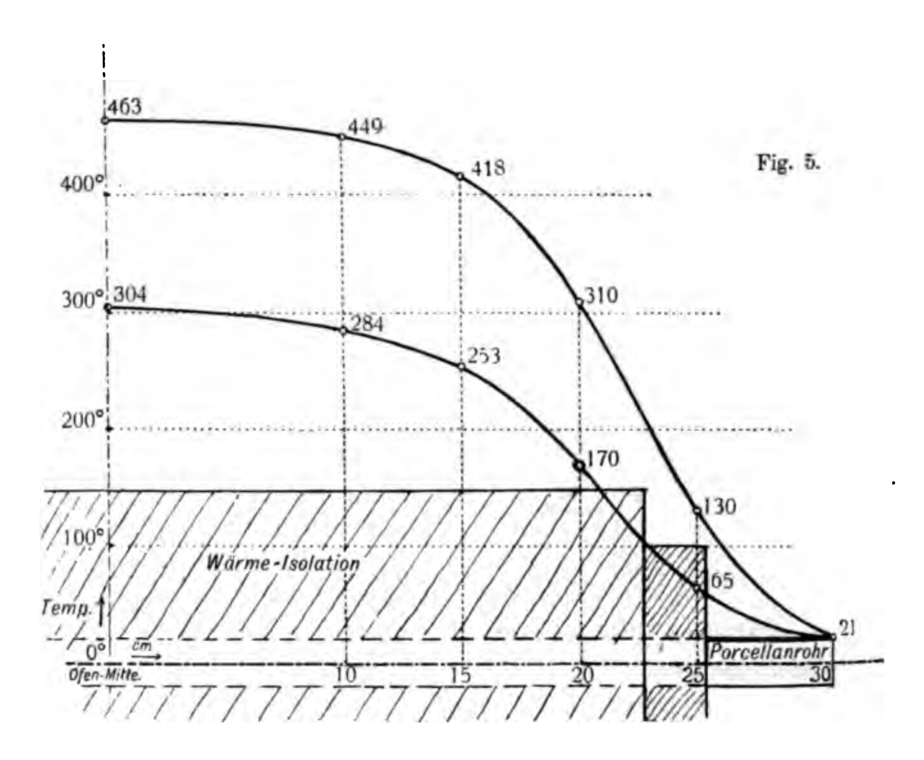


Fig. 5.

Temperaturmessungen.

a) Temperaturen in den Kühl- und Heizapparaten.

Das Toluolthermometer, das im Kühlapparat angebracht war, ist von Baudin, Paris, hergestellt und kalibriert. Es zeigte nach eigener Prüfung bei 0° keinen merklichen Fehler.

100°: Vor jedem Versuch wurde der Luftdruck mittelst Quecksilberbarometer bestimmt; dazu wurde addiert der Überdruck im äusseren Raum des Heizgefässes (Fig. 4), der als Mittel einiger Ablesungen der Niveaudifferenz im Manometer durch Umrechnung auf Millimeter *Hg* erhalten wurde. Die Temperatur des Dampfes bei

dem so bestimmten Druck wurde nach der Tabelle von Wiebe, Braunschweig 1894, in Rechnung gebracht.[1])

200°: Hier wurde ein Richter *Hg* Thermometer, bis 360° zeigend, verwendet. Das kurze *Hg* Gefäss desselben wurde ganz an das Quarzbündel herangebracht, um den Fehler wegen der schlechten Temperaturverteilung im elektrischen Ofen möglichst klein zu machen. Die Ablesestelle fiel bei dieser Lage noch ins Innere des Ofens; es musste also das Thermometer zur Ablesung etwas herausgezogen werden. Damit während der möglichst rasch besorgten Ablesung das *Hg* Gefäss sich nicht wesentlich abkühlen konnte, war es mit einer dicken Asbestschicht umwickelt. Wegen des ziemlich raschen Abfalls der Temperatur von der Mitte des Ofens gegen die Enden musste an der Ablesung des Thermometers eine Fadenkorrektur angebracht werden. Diese wurde nach einer speziell für diesen Zweck vorgenommenen Bestimmung der Temperaturverteilung im Ofen abschnittweise berechnet, die Summe der gefundenen Korrekturen zur Ablesung addiert und die so verbesserte Ablesung nach dem Prüfungsschein der P. T. Reichsanstalt korrigiert.

Alle höheren Anfangstemperaturen wurden mit einem Thermoelement aus Platin-Platinrhodium von Heräus, Hanau, gemessen.[2]) Für dieses Thermoelement sind die elektromotorischen Kräfte entsprechend den Temperaturen der Lötstellen 0° einerseits und 250°, 300° etc. bis 1300° andererseits durch Vergleichung mit den Angaben des Luftthermometers bestimmt.[3]) Das eine Ende dieses Thermoelementes war so in den elektrischen Ofen eingeführt, dass die hartgelötete Verbindungsstelle beider Drähte an das Quarzbündel zu liegen kam; zur Isolation der beiden Drähte voneinander war der eine bis zur Lötstelle durch ein Tonpfeifenrohr gezogen. Das andere Ende (Verbindung des *Pt*- und des *Pt Rh*-Drahtes mit den kupfernen Zuleitungen) stak in einer unten geschlossenen Glasröhre, die durch Einstellen in einen grossen, mit Schabeis gefüllten Trichter auf 0° gehalten wurde. Das Thermoelement war in Serie geschaltet mit einem Siemens'schen Drehspulengalvanometer von der Empfindlichkeit ca. $1{,}8 \cdot 10^{-8}$, einem Neusilber-Vorschaltwiderstand und einem Ausschalter; der Gesamtwiderstand der Leitung betrug 1470 Ω. Der Widerstand des Thermoelements (ca. 1,6 Ω) und also auch seine Änderung konnten bei diesem grossen Gesamtwiderstande vernachlässigt werden. Zur Aichung des Galvanometers wurden dessen Zuleitungsdrähte an zwei Punkte eines sehr grossen (Min. 9000 Ω)

[1]) Kohlrausch, Praktische Physik, 9. Aufl., pag. 583.

[2]) Vgl. Adler, Spezifische Wärme des Chroms. Diss. Zürich 1902. Pag. 36—41.

[3]) Drudes Annalen II. 1900. pag. 520.

Widerstandes angelegt, durch den der von einem Clarkelement gelieferte Strom floss.

Sollte z. B. die Aichung für die Temperatur 500° vorgenommen werden, wobei laut Angabe der Reichsanstalt die **EMK** des Thermoelementes 4,145 Millivolt beträgt, so berechnete sich der einzuschaltende Widerstand R nach der Formel:

$$R = \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \cdot (E - 1).$$

War die elektromotorische Kraft E des Clarkelementes für die momentan in demselben bestehende Temperatur $E = 1{,}4272$ und wurden für W_1 30 Ω gewählt, so ergab sich für R der Widerstand 10780 Ω. Je am Anfang und Schluss einer bei der nämlichen Temperatur ausgeführten Versuchsreihe wurde das Galvanometer für die beiden einschliessenden Temperaturpunkte geaicht; also z. B. je für 500° und 550° als die Versuche bei der Anfangstemperatur etwas über 500° vorgenommen wurden.

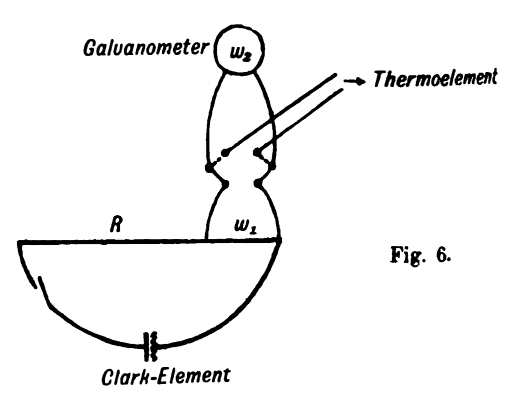


Fig. 6.

Der vom Clarkelement gelieferte Strom blieb bei diesen Aichungen nur möglichst kurze Zeit geschlossen, nämlich etwa 35 Sekunden, in welcher Zeit das Galvanometergehänge zur Ruhe kam. Von Zeit zu Zeit wurde die EMK des gebrauchten Elementes mit derjenigen eines andern, ruhenden, verglichen. Ein Spannungsabfall konnte bis auf 1‰ genau nicht konstatiert werden.[1])

b) Temperaturdifferenzen im Calorimeter.

Um den verschiedenen Schwierigkeiten und Fehlerquellen, welche die Temperaturmessung im Calorimeter mittelst Quecksilberthermometern mit sich bringt, aus dem Wege zu gehen, wurde auch hier ein Thermoelement verwendet. Die Vorteile dieser Methode sind folgende: sehr geringer Wasserwert der thermometrischen Vorrichtung, keine

[1]) Auch bei der zitierten Arbeit des Herrn Brunner, der für seine Aichungen das nämliche Clarkelement bei gleicher Schaltung und ähnlich grossen Vorschaltwiderständen verwendete, dürfte eine Inkonstanz der Vergleichsspannung ausgeschlossen gewesen sein.

Fadenkorrektur, keine Unterbrechung des Rührens, bequeme Ablesung an einem vom Calorimeter genügend weit entfernten Standpunkt.

Das hier verwendete Thermoelement bestand aus 0,2 mm dicken, ca. 2 m langen, doppelt mit Seide isolierten Konstanten und Eisendrähten, deren Enden zur Vermeidung des Rostens mit Zink verlötet waren. Die eine Lötstelle wurde während der Versuche in ein dünnes, an der Innenwand des Calorimeters befestigtes *Cu*-Röhrchen gesteckt; die andere Lötstelle blieb dauernd inmitten eines thermisch gut geschützten Wasserbades von ca. 15 l Inhalt, dessen Temperaturgang mittelst eines Beckmannschen Thermometers verfolgt wurde, das seinerseits nach dem bei den weiter unten beschriebenen Aichungen verwendeten Baudin-Thermometer geaicht war. Der *Fe*-Draht war in der Mitte entzwei geschnitten; die beiden Teile mündeten in zwei dünnwandige, unten geschlossene, mit *Hg* gefüllte Röhrchen, die nebeneinandergebunden in einem grösseren Quecksilbergefäss standen. Von diesen beiden Röhrchen aus gingen dickere Kupferleitungen nach einem zweiten, ohne Widerstand geschalteten Drehspulengalvanometer der oben beschriebenen Art. Diese Anordnung verhinderte das Auftreten von Temperaturunterschieden zwischen den beiden Verbindungsstellen des Thermoelementes mit den *Cu*-Leitungen. Der Ausschlag, der in diesem Galvanometer entsteht, ist nun aber abhängig nicht nur von der Temperaturdifferenz der beiden Lötstellen, der Empfindlichkeit des Galvanometers und dem Gesamtwiderstand, sondern auch: 1. von der Änderung des Gesamtwiderstandes; 2. von der absoluten Temperatur der einen Lötstelle; 3. von etwa an Kontaktpunkten auftretenden fremden Thermospannungen. Es war wünschbar, die Temperaturänderungen im Calorimeter auf $^1/_{100}{}^0$ sicher bestimmen zu können. Da dieser Temperaturdifferenz der beiden Lötstellen eine *EMK* von ca. 5.10^{-7} Volt entspricht, ist leicht ersichtlich, dass die oben erwähnten äusseren Einflüsse sich in erheblichem Masse bemerkbar machen und also berücksichtigt werden müssen. Ein vollständiges Ausschalten derselben schien mir unmöglich; ebenso die Berechnung oder Schätzung eines Korrekturgliedes. Eine Aichung mittelst bekannter elektromotorischer Kraft und Abzweigung, wie sie beim *Pt-Pt-Rh*-Thermoelement ausgeführt wurde, war daher hier ausgeschlossen. Ich half mir schliesslich so, dass ich durch dicke Isolationsschichten eine zeitlich rasche Änderung dieser äusseren, hauptsächlich thermischen Einflüsse verhinderte. Zu diesem Zwecke wurden alle Leitungsdrähte durch Kautschukschläuche gezogen, alle Kontaktstellen und das ganze Galvanometer in viel Watte eingewickelt. Unmittelbar vor und nach jedem Versuch wurde dann geaicht, indem die sonst im Calorimeter befindliche Lötstelle in Wasserbäder ge-

bracht wurde von ungefähr Anfangstemperatur und ungefähr Endtemperatur, die beim Versuch im Calorimeter eintraten. Als Temperatur dieser Wasserbäder wurde das korrigierte Mittel aus zehn hintereinander an einem Baudin-Thermometer gemachten Ablesungen eingesetzt. Abwechselnd mit diesen Temperaturablesungen wurden zehn Ablesungen des Galvanometerausschlages vorgenommen und das Mittel derselben als Mass der Temperaturdifferenz beider Lötstellen verwendet. Schliesslich wurden je die zwei entsprechenden Aichungspunkte, wie sie vor und nach dem Hauptversuch gefunden wurden, durch Mittelnahme zusammengefasst und aus ihnen und den während des Versuches gemachten Galvanometerablesungen die Temperaturänderung im Calorimeter berechnet. Das eben erwähnte Baudin-Thermometer umfasst den Temperaturbereich 0—30° und ist in $^1/_{10}$° eingeteilt. Diese Skalenteile messen noch ca. 1 mm; die Ablesungen wurden mit einer Zeiss-Lupe gemacht; es konnten also mit Leichtigkeit die $^1/_{100}$° geschätzt werden. Das Thermometer zeigt laut beigelegtem Aichungsschein bei 0° den Fehler — 0,04, seine Kalibrierung ist bis auf hundertstel Grade richtig.

Wie man sieht, wurde die Temperaturmessung im Calorimeter im Grunde genommen mit diesem Baudin-Thermometer ausgeführt. Doch hat der Umweg via Thermoelement vor der direkten Anwendung des *Hg*-Thermometers u. a. den Vorteil einer wesentlich grösseren Genauigkeit. Der Ausschlag pro 1° betrug bei meinen Versuchsanordnungen ca 110 Skalenteile. Zur Aichung können Thermometer beliebig grosser Empfindlichkeit verwendet werden; bei direkten Messungen sind sehr empfindliche Thermometer wegen ihres grossen Wasserwertes und eventuell auch wegen ihrer Form ausgeschlossen. Ferner kann jede einzelne Ablesung des Thermometers während der Aichung mit aller Ruhe und Genauigkeit gemacht, die Fadenkorrektur kann ganz vermieden oder auf ein Minimum beschränkt werden; all dies ist kaum möglich, wenn das Thermometer dem raschen Temperaturgang im Versuchscalorimeter folgen soll.

Die Versuche und deren Berechnung.

Nach dem Gesagten ist zur Illustration des Verlaufes eines Versuches nur noch folgendes anzuführen: der Quarz blieb vor jedem Versuche mindestens 1 $^1/_2$ Stunden im Heizapparat; als Anfangstemperatur wurde die Ablesung im Moment des Einwurfs in Rechnung gebracht. Die Temperaturbestimmungen im Calorimeter erfolgten unter gleichmässigem Rühren von 10 zu 10 Sek.; sie begannen 10 solcher Zeiteinheiten vor dem Einwurf und schlossen 10 Zeit-

einheiten nach derjenigen Ablesung (Endablesung des Versuchs), von welcher an der Temperaturverlauf ein linearer wurde. Durch den Rumfordschen Kunstgriff wurden die Strahlungskorrekturen klein gehalten (Maximum 11 ‰). Ihre Berechnung geschah im allgemeinen nach der neuestens in Winkelmanns Handbuch der Physik, 2. Aufl., S. 157 angegebenen Methode, mit dem Unterschied, dass die Aussentemperatur nicht berechnet, sondern als Mittel zweier direkter Messungen mit dem Thermoelement an der Innenwand der Calorimeterhülle gefunden wurde. Die ganze Strahlungsberechnung wurde nicht mit den Temperaturen des Calorimeters, sondern mit den Ablesungen am Galvanometer durchgeführt, so dass die Temperaturkorrektur in Skalenteilen erhalten wurde und zur Endablesung addiert werden konnte. Erst dann geschah nach der zugehörigen Aichung die Umrechnung in Grade der Celsiusskala. Die Masse des Calorimeterwassers bestimmte ich je am Schlusse eines Versuches durch Wägung.

Für das folgende seien nachstehende Bezeichnungen eingeführt:

Q = Masse des Quarzes,
Pt = Masse des die Quarzröhrchen verbindenden Pt-Drahtes,
W_{Cal} = Wasserwert des leeren Calorimeters,
m = Masse des Calorimeterwassers,
T = Anfangstemperatur des Quarzes,
τ = Endtemperatur des Quarzes und Calorimeters (korr.)
t = Anfangstemperatur des Calorimeters.
$\Delta T = T - \tau$ = Temperaturänderung des Quarzes,
$\Delta t = \tau - t$ = Temperaturänderung des Calorimeters,
C_τ^T = mittlere spez. Wärme des Quarzes zwischen τ und T,
C_{Pt} = „ „ „ „ Platins „ τ und T,
C_W = „ „ „ „ Wassers „ t und τ;
bezogen auf die 15° Calorie [1]).

$\Sigma w = W_{Cal} + \mathrm{m}\, C_W$ Gesamtwasserwert des Calorimeters. Dann ist:

$$\left(Q \cdot C_\tau^T + Pt \cdot C_{Pt}\right) \cdot \Delta T = \Sigma w \cdot \Delta t$$

und daraus

$$C_\tau^T = \frac{\Sigma w \cdot \Delta t - Pt \cdot C_{Pt} \cdot \Delta T}{Q \cdot \Delta T}.$$

Die gesamte von 1 gr. Quarz bei der Abkühlung von T^0 auf τ^0 abgegebene Wärmemenge W_τ^T wird darnach:

$$W_\tau^T = C_\tau^T \cdot \Delta T = \frac{\Sigma w \cdot \Delta t - Pt \cdot C_{Pt} \cdot \Delta T}{Q}.$$

[1]) Zur Berechnung der mittleren spezifischen Wärme des Wassers zwischen t und τ für $C_{15} = 1$ wurden die Angaben benutzt, die in Kohlrausch, Prakt. Phys., 9. Aufl., pag. 180 als Mittel neuerer Beobachtungen angeführt sind.

Zusammenstellung der Versuchsdaten.

Um die Versuche bei ungefähr gleicher Anfangstemperatur untereinander vergleichen zu können, wurde bei jedem einzelnen die mittlere spezifische Wärme C_τ^T berechnet. Das arithmetische Mittel aus den so gefundenen Werten gibt dann den wahrscheinlichsten Wert von C_τ^T für diese Versuchsgruppe. In den folgenden Tabellen bedeuten Δ die Abweichungen der einzelnen Resultate vom Mittel, ε die hieraus sich ergebenden mittleren Fehler der einzelnen Messungen und E den mittleren Fehler des Mittelwertes, und zwar berechnen sich ε und E nach den Formeln:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta)^2}{n-1}}\,; \qquad E = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta)^2}{n(n-1)}} = \pm \frac{\varepsilon}{\sqrt{n}},$$

(n Anzahl der Versuche einer Gruppe).

Schliesslich ist der mittlere Fehler E des Mittelwertes noch in Promillen des Mittelwertes ausgedrückt.

I. Versuchsreihe bei — 80°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
1.	6,8090	0,1279	21,615	— 77,0	18,1	95,1	4,592	0,15268	— 15
2.			21,577	— 77,0	17,9	94,9	4,608	0,15327	+ 44
3.			21,541	— 76,6	18,2	94,8	4,589	0,15254	— 29
				— 76,9	18,1	94,9		0,15283	

$W_{18,1}^{-76,9} = -14,519$

$\varepsilon = \pm 0,00039$

$E = \pm 0,00022 = \pm 1,4\,‰$.

II. Versuchsreihe bei + 100°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
4.	6,8077	0,1203	22,588	98,73	19,67	79,06	4,557	0,19078	— 06
5.			23,520	98,63	19,52	79,11	4,384	0,19097	+ 13
6.			24,200	99,01	20,29	78,72	4,236	0,19076	— 08
				98,79	19,83	78,96		0,19084	

$W_{19,83}^{98,79} = 15,076$

$\varepsilon = \pm 0,00012$

$E = \pm 0,00007 = \pm 0,4\,‰$.

III. Versuchsreihe bei 200°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
7.	6,8090	0,1279	25,526	218,4	26,4	192,0	10,537	0,20514	+ 13
8.			25,549	218,1	26,4	191,7	10,485	0,20463	— 38
9.			25,644	217,1	26,4	190,7	10,399	0,20470	— 31
10.			25,628	218,3	26,8	191,5	10,490	0,20556	+ 55
				218,0	26,5	191,5		0,20501	

$W_{26,5}^{218,0} = 39,259$

$\varepsilon = \pm 0,00043$

$E = \pm 0,00022 = \pm 1,1\,‰$.

IV. Versuchsreihe bei 300°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,00
11.	3,8863	0,0706	25,025	312,4	24,7	287,7	9,620	0,21452	+ 034
12.			24,523	315,4	25,4	290,0	9,886	0,21490	+ 072
13.			24,356	312,6	24,7	287,9	9,834	0,21312	− 106
				313,6	24,9	288,5		0,21418	

$W_{24.9}^{313.6} = 61,834$

$\varepsilon = + 0,00094$
$E = \pm 0,00054 = \pm 2,5$ ‰.

V. Versuchsreihe bei 400°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
14.	2,8614	0,0438	26,274	409,7	25,9	383,8	9,355	0,22339	− 49
15.			25,627	411,8	26,2	385,6	9,675	0,22435	+ 47
16.			25,490	411,8	26,5	385,3	9,700	0,22390	+ 02
				410,9	26,2	484,9		0,22388	

$W_{26.2}^{410.9} = 86,127$

$\varepsilon = \pm 0,00048$
$E = \pm 0,00028 = 1,2$ ‰.

VI. Versuchsreihe bei 500°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
17.	2,3860	0,0459	25,650	512,8	25,1	487,7	10,584	0,23268	+ 55
18.			26,217	511,0	25,1	485,9	10,282	0,23189	− 24
19.			26,500	511,0	24,6	486,4	10,176	0,23174	− 39
20.			25,872	511,8	25,1	486,7	10,450	0,23220	+ 07
				511,6	25,0	486,6		0,23213	

$W_{25.0}^{511.6} = 112,955$

$\varepsilon = \pm 0,00042$
$E = \pm 0,00021 = 0,9$ ‰.

VII. Versuchsreihe bei 600°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
21.	5,7864	0,1428	107,79	614,0	23,7	590,3	7,496	0,23576	− 73
22.			108,27	609,1	23,8	585,3	7,424	0,23665	+ 16
23.			109,11	613,5	23,8	589,7	7,439	0,23707	+ 58
				612,2	23,8	588,4		0,23649	

$W_{23.8}^{612.2} = 139,151$

$\varepsilon = \pm 0,00067$
$E = \pm 0,00039 = 1,6$ ‰.

VIII. Versuchsreihe bei 700°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,000
24.	4,9350	0,1115	109,60	705,8	23,9	681,9	7,488	0,24316	+ 73
25.			108,79	705,3	24,0	681,3	7,498	0,24189	− 54
26.			108,67	701,6	23,9	677,7	7,477	0,24223	− 20
				704,2	23,9	680,3		0,24243	

$W_{23.9}^{704.2} = 164,925$

$\varepsilon = \pm 0,00066$
$E = + 0,00038 = 1,6$ ‰.

IX. Versuchsreihe bei 800°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,00
27.	3,8866	0,0809	108,50	801,8	23,7	778,1	6,852	0,24521	— 117
28.			109,63	800,0	24,0	776,0	6,828	0,24757	+ 119
29.			106,77	818,1	24,4	793,7	7,136	0,24636	— 002
				806,6	23,9	782,7		0,24638	

$W_{23,9}^{806,6} = 192,842$

$\varepsilon = \pm 0,00097$
$E = \pm 0,00056 = \pm 2,3°/_{00}$.

X. Versuchsreihe bei 900°.

No.	Q	Pt	ΣW	T	τ	ΔT	Δt	C_τ^T	Δ = 0,00
30.	3,8866	0,0809	108,09	896,5	24,3	872,2	7,939	0,25237	+ 194
31.			109,51	899,1	24,5	874,6	7,760	0,24939	— 104
32.			108,25	904,0	24,7	879,3	7,897	0,24953	— 090
				899,9	24,5	875,4		0,25043	

$W_{24,5}^{899,9} = 219,226$

$\varepsilon = \pm 0,00168$
$E = \pm 0,00097 = \pm 3,9°/_{00}$.

Aus den gefundenen Werten W_τ^T berechnete ich zunächst die Gesamtwärmen zwischen 20° und $T°$. Da τ bei allen Versuchen in der Nähe von 20° liegt, ist die Umrechnung von W_τ^T auf W_{20}^T möglich, sobald ein Näherungswert der wahren spezifischen Wärme bei 20° bekannt ist. Ein solcher ergibt sich leicht aus den Versuchsreihen I und II. Dort wurde gefunden: $C_{18,1}^{-76,9} = 0,15283$ und $C_{19,8}^{98,8} = 0,19084$. Nehmen wir an, dass für diese beiden Intervalle die mittleren spezifischen Wärmen gleich den wahren spezifischen Wärmen bei den mittleren Temperaturen sind, so wird

$$C_{18,1}^{-76,9} = C_{-29,4} = 0,1528 \text{ und } C_{19,8}^{98,8} = C_{59,3} = 0,1908$$

und daraus

$$\underline{C_{20} = 0,1740} \text{ (Näherungswert).}$$

Nun ist

$$W_{20}^T = W_\tau^T + W_{20}^\tau$$

und

$$W_{20}^\tau = (\tau - 20) \cdot C_{20} = 0,1740\,(\tau - 20) \text{ für } \tau \gtreqless 20°.$$

Die folgende Tabelle zeigt diese Korrekturglieder W_{20}^τ, die zu W_τ^T addiert, W_{20}^T ergeben.

W_τ^T	$\tau - 20$	W_{20}^τ	W_{20}^T	T
— 14,519	— 1,9	— 0,331	— 14,850	— 76,9
+ 15,076	— 0,2	— 0,035	+ 15,041	+ 98,8
39,259	+ 6,5	+ 1,131	40,390	218,0
61,834	4,9	0,853	62,687	313,6
86,127	6,2	1,079	87,206	410,9
112,955	5,0	0,870	113,825	511,6
139,151	3,8	0,661	139,812	612,2
164,925	3,9	0,679	165,604	704,2
192,842	3,9	0,679	193,521	806,6
219,226	4,5	0,783	220,009	899,9.

Die Gesamtwärme W_{20}^T ist eine Funktion von $(T-20)$; ich wählte als solche, um den Messresultaten geringen Zwang anzutun, eine Funktion 4. Grades, stellte also W_{20}^T dar in der Form:

$$W_{20}^T = \alpha (T-20) + \beta (T-20)^2 + \gamma (T-20)^3 + \delta \cdot (T-20)^4.$$

Aus den 10 Versuchsreihen ergaben sich so 10 Gleichungen von der eben angeführten Form, aus denen die 4 unbekannten Koeffizienten $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ nach den Regeln der Ausgleichungsrechnung berechnet wurden.[1])

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ bekamen die Werte:

$$\alpha = +0{,}174743$$
$$\beta = +0{,}000168292$$
$$\gamma = -0{,}000000132352$$
$$\delta = +0{,}0000000000432990.$$

Es wird also:

$$W_{20}^T = 0{,}174743\,(T-20) + 0^3{,}168292\,(T-20)^2 - 0^6{,}132352\,(T-20)^3 + 0^{10}{,}432990\,(T-20)^4 \qquad \text{I.}$$

Die wahre spezifische Wärme bei bestimmter Temperatur ist der Zuwachs der Gesamtwärme pro 1° Temperatursteigerung; wir bekommen also die wahre spezifische Wärme als Funktion von $T-20$, wenn wir den Ausdruck für W_{20}^T nach T differenzieren:

$$C_T = \frac{d\,W_{20}^T}{d\,T} = \alpha + 2\beta\,(T-20) + 3\gamma\,(T-20)^2 + 4\,\delta\,(T-20)^3.$$

Diese Funktion kann einfacher dargestellt werden in der Form:

$$C_T = a + bT + cT^2 + dT^3,$$

wobei für $a\ b\ c\ d$ durch Gleichsetzen der Glieder desselben Grades in T beider Ausdrücke C_T erhalten wird:

[1]) Siehe Weinstein, Handb. der physikal. Bestimmungen, I. Seite 421 f.

$$
\begin{aligned}
a &= \alpha - 2\cdot 20\beta + 3\cdot 20^2\gamma - 4\cdot 20^3\delta = +0{,}167851\\
b &= 2\beta - 2\cdot 3\cdot 20\gamma + 3\cdot 4\cdot 20^2\delta = +0{,}000352674\\
c &= 3\gamma - 3\cdot 4\cdot 20\,\delta = -0{,}000000407447\\
d &= 4\,\delta = +0{,}000000000173196.
\end{aligned}
$$

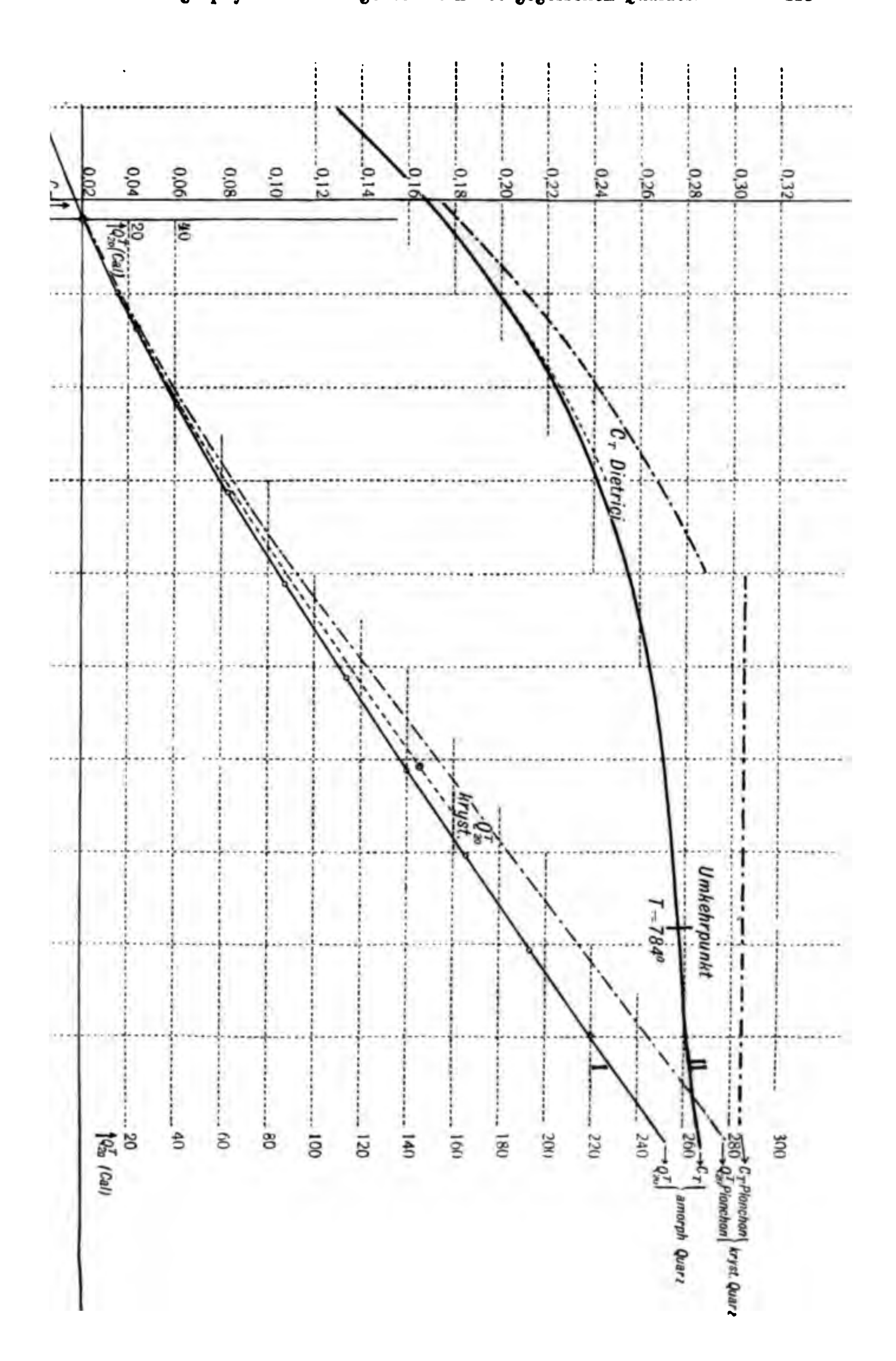
Die wahre spezifische Wärme von amorphem (geschmolzenem) Quarz bei der Temperatur $T^{\circ}C$ ist also:

$$C_T = 0{,}167851 + 0^3{,}352674\cdot T - 0^6{,}407447\,T^2 + 0^9{,}173196\,T^3 \quad \text{II.}$$

Die aus den Gleichungen I und II von 100 zu 100° berechneten Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

T	W_{20}^T	W_0^T	C_T
− 273°			0,03769
− 100°	− 18,30	− 14,88	0,12834
0°	− 3,42	0	0,16785
+ 100°	+ 14,98	18,40	0,19922
200°	36,18	39,60	0,22348
300°	59,48	62,90	0,24166
400°	84,34	87,76	0,25482
500°	110,32	113,74	0,26398
600°	137,04	140,46	0,27018
700°	164,28	167,70	0,27448
800°	191,91	195,33	0,27790
900°	219,87	224,29	0,28149
1000°	248,28	251,70	0,28627

Überdies sind auf der Tafel pag. 413 durch Kurve I die Gesamtwärme W_{20}^T und durch Kurve II die wahre spezifische Wärme C_T je als Funktion der Temperatur dargestellt. Die in der Nähe der Kurve I markierten Punkte repräsentieren die Gesamtwärme W_{20}^T, wie sie unmittelbar aus den Versuchen sich ergaben. Wie ersichtlich, folgt die Kurve ziemlich gut dieser Punktreihe; es ist also in der Tat W_{20}^T mit genügender Annäherung an die Wirklichkeit durch eine Funktion 4. Grades in T darstellbar. In Kurve II macht sich in der Gegend zwischen 700 und 800° eine Änderung der Krümmungsrichtung bemerkbar. Die Lage dieses Wendepunktes ergibt sich genauer durch zweimalige Differenziation von C_T nach der Temperatur und Nullsetzen dieses 2. Differentialquotienten zu $T = 784^{\circ}$.



C_T Dietrici
Umkehrpunkt
T = 784°
kryst.
C_T Planchon
Q^T_20 Planchon
kryst. Quarz
amorph Quarz
Q^T_20 (Cal)

Ein ähnliches Verhalten ist von Bontschew[1]) bei Aluminium, von Adler[2]) bei Chrom, von Brunner[3]) bei Calcium und Magnesium bemerkt worden. Frühere Beobachter haben meist die spezifische Wärme als Funktion 2. Grades von t darstellen können. Ein zweites vermehrtes Anwachsen der spezifischen Wärme mit der Temperatur machte sich ihnen also nicht bemerkbar. Doch scheint es nicht ausgeschlossen, dass bei Untersuchungen mit grossem Temperaturbereich auch bei andern Körpern eine solche Inflexion der Kurve der spezifischen Wärme gefunden wird, dass dies also eine ziemlich verbreitete Eigenschaft der festen Körper ist. Ob ein Zusammenhang zwischen diesem Verhalten der spezifischen Wärme und der Änderung gewisser elastischer Eigenschaften (Stabilisierungspunkt, Anlasstemperatur etc.) fester Körper besteht, werden weitere Untersuchungen klarlegen müssen.

Vergleichung meiner Resultate mit denen anderer Untersuchungen über die spezifische Wärme des Quarzes.

Im Verlaufe meiner Arbeit publizierte C. Dietrici[4]) eine Arbeit über die spezifische Wärme des Wassers bei hohen Temperaturen (bis 300°). Dietrici schloss bei seinen Versuchen, die mit dem Eiscalorimeter ausgeführt wurden, Wasser in Quarzröhren ein, musste also die spezifische Wärme dieser Einschlussröhren durch Nebenversuche bestimmen. Er erhält für die wahre spezifische Wärme des amorphen Quarzes im Temperaturbereich 0—300° den Ausdruck:

$$C_t = 0{,}16791 + 0{,}000350 \cdot t - 0{,}0000003075 \cdot t^2,$$

und zwar ist C_t hier ausgedrückt in Bunsenschen Calorien. Zur Vergleichung mit meinen Ergebnissen, denen die 15° Calorie zugrunde liegt, müssen die von Dietrici gefundenen Werte durch das Verhältnis der 15° Calorie zur 0—100° Calorie dividiert werden. Dieses Verhältnis ist nach Rowland[5]) 1,0032, nach einer neueren Bestimmung von Behn[6]) 1,0003.

Die folgende Tabelle zeigt in der zweiten Kolonne nochmals die gefundenen Werte von C_T, in den beiden folgenden die nach Rowland

---

[1]) Bontschew, Spezifische Wärme des Aluminiums. Diss. Zürich 1900.

[2]) Adler, Spezifische Wärme des Chroms. Diss. Zürich 1902.

[3]) Brunner l. c.

[4]) C. Dietrici, Spezifische Wärme des Wassers bei hohen Temperaturen. Drudes Annalen 1905, Heft 4.

[5]) Wüllner, Wärme pag. 506. Mit dem angegebenen Wert stimmt gut überein der von Velten zu 1,0035 gefundene.

[6]) Behn, Drudes Annalen 1905, pag. 653.

resp. Behn auf die 15° Calorie umgerechneten Resultate Dietricis samt den Abweichungen in Prozenten von den meinigen:

t	C_t gefunden	C_t nach Rowland umgerechn.	%	C_t nach Behn umgerechn.	%
0	0,16785	0,16738	— 0,28	0,16786	0,00
100	0,19922	0,19919	— 0,01	0,19977	+ 0,28
200	0,22348	0,22489	+ 0,63	0,22554	+ 0,92
300	0,24166	0,24444	+ 1,15	0,24515	+ 1,45

Alle andern mir bekannten Untersuchungen der spezifischen Wärme des Quarzes behandeln nicht gegossenen amorphen Quarz, sondern kristallinischen. Die angegebenen Resultate stimmen aber nicht gut überein, was vielleicht seinen Grund z. T. in der Verschiedenheit des Versuchsmaterials hat.

Die ausgedehnteste Arbeit dieser Art stammt von Pionchon[1]), der die spezifische Wärme bis gegen 1200° bestimmte. Er vergleicht die Gesamtwärme, die der Quarz bei der Abkühlung auf 0^0 abgibt, mit der Gesamtwärme einer auf dieselbe Temperatur erwärmten *Pt*-Kugel und nimmt für die spezifische Wärme des *Pt* den von Violle[2]) gefundenen Wert als richtig an. Pionchon erhält so für Gesamtwärme und wahre spezifische Wärme die Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} C_0^t &= 0{,}1737 \cdot t + 0{,}000197\, t^2 - 0{,}00000009 \cdot t^3 \\ C_t &= 0{,}1737 + 0{,}000394\, t - 0{,}00000027\, t^2 \end{aligned}\right\} \text{gültig von } 0\text{—}400^0.$$

und

$$\left.\begin{aligned} W_0^t &= -26{,}57 + 0{,}305 \cdot t \\ C_t &= 0{,}305 \end{aligned}\right\} \text{zwischen 400 und } 1200^0.$$

In der Tafel pag. 36 sind diese Resultate graphisch dargestellt. Wie ersichtlich, steigt die Kurve für die wahre spezifische Wärme anfangs rasch an und wird über 400° horizontal.[3]) Die spezifische

[1]) Pionchon, C. R., 106, pag. 1344. Leider findet sich in dieser Abhandlung keine Angabe über die Art und Form des verwendeten Materials. Ferner hat sich hier offenbar in der Literatur ein Druckfehler eingeschlichen: Sowohl in C. R. l. c. wie auch in Winkelmann, Handb., Bd. III, Wärme, 1906, pag. 183 sind die Ausdrücke angegeben:

$$W_0^t = 0{,}1737\, t + 0{,}000197\, t^2 - 0{,}000000009\, t^3 \text{ (8 Nullen!)}$$
$$C_t = 0{,}1737 \quad + 0{,}000394\, t - 0{,}000000027\, t^2 \text{ (7 Nullen!)},$$

während aus den angegebenen Daten sich die obigen Werte ergeben.

[2]) Violle, C. R. 85, pag. 543, spez. Wärme des *Pt*: $C_t = 0{,}0317 + 0{,}000006 \cdot t$.

[3]) Die Kurvenstücke für C_t berechnet aus den beiden Formeln $t \lesseqgtr 400^0$ schliessen bei 400° nicht aneinander an!

Wärme des kristallinischen Quarzes wäre demnach von 400° an konstant. — Neuere Untersuchungen des Platins[1]) liefern für dessen spezifische Wärme Werte, die etwa 4% kleiner sind wie die von Violle erhaltenen; also dürften auch die spezifischen Wärmen des Quarzes nach Pionchon ca. 4% zu gross ausgefallen sein.

Eine direkte Messung der spezifischen Wärme des kristallisierten Quarzes schien mir wünschenswert. Bei einer ersten Versuchsreihe erhitzte ich ein ziemlich wohlgestaltetes Stück Bergkristall von ca. 9 gr. auf die Anfangstemperatur 138°.

Beim ersten Versuch ergab sich zwischen 138° und 20° eine mittlere spezifische Wärme $C_{20}^{138} = 0{,}177$.

Die darauf folgenden Versuche lieferten:
2. „ $= 0{,}188$
3. „ $= 0{,}200$
4. „ $= 0{,}20147$
5. „ $= 0{,}20339$
6. „ $= 0{,}20328$.

Dieses merkwürdige Verhalten hat folgenden Grund: Bei der plötzlichen Abkühlung des Bergkristalls im Calorimeter von 138° auf etwa 20° bildeten sich im Innern des Stückes eine Masse von Sprüngen. Der Wärmewert der Arbeit, die bei dieser Sprengung geleistet wird, geht für die calorimetrische Messung verloren: die gesamte ans Calorimeter abgegebene Wärme, und mit ihr die spezifische Wärme, fallen zu klein aus. Beim 2. Versuch wurde die Anzahl der Sprünge noch vergrössert; nach dem dritten sah der früher glasklare Kristall, der im übrigen seine äussere Form beibehielt, milchweiss undurchsichtig aus. Offenbar bildeten sich in der Folge nicht mehr viele neue Sprünge; die spezifische Wärme blieb vom 4. Versuch an ungefähr auf demselben, jetzt richtigen Wert. Bei einem späteren Zerbröckeln des Kristalls zeigte es sich, dass selbst die kleinsten dadurch erhaltenen Teilchen noch weiss aussahen, dass also der ganze Quarzkristall in sehr kleine Teile zersprungen war. Die Wärmemenge, die bei diesem Pulverisieren aufgewendet wurde, berechnete sich aus den angeführten Versuchen zu insgesamt etwa 20% der Gesamtwärme zwischen 138 und 20°, was pro 1 gr. ungefähr 5 Calorien oder 2 mkg. ausmacht. Ob Pionchon bei seiner Untersuchung der spezifischen Wärme auf das Zerspringen der Quarzstücke Rücksicht genommen oder aber dasselbe durch Verwendung von fein pulverisiertem Material vermieden hat, ist mir nicht bekannt (vergl. Anm. 1 pag. 415).

Berechnet man aus den drei letzten Versuchen die Gesamtwärme W_{20}^{138}, so ergibt sich: $W_{20}^{138} = 23{,}96$.

---

[1]) Tilden, Proc. Royal Soc. 71. pag. 220 (1903).

Eine zweite Versuchsreihe, bei welcher aus Bergkristall hergestellter feiner Quarzsand, in einer Hülse aus dünnem Silberblech eingeschlossen, auf ca. 600° Anfangstemperatur gebracht wurde, lieferte als Mittel: $W_{20}^{609} = 145{,}65$ Cal. In der Tafel sind diese beiden Punkte bezeichnet. Beide Werte sind kleiner als die von Pionchon gefundenen (24,15 resp. 156,03), aber je um ca. 4,5% grösser wie die Gesamtwärmen des gegossenen amorphen Quarzes zwischen den entsprechenden Temperaturen.

Vergleichung der Resultate mit den Gesetzen von Neumann und Kopp.

Neumann stellt in Analogie mit dem Dulong-Petitschen Gesetz den Satz auf: In chemisch ähnlich zusammengesetzten Körpern ist das Produkt aus Molekulargewicht und spezifischer Wärme: die Molekularwärme, konstant. Untersuchungen von Regnault ergaben im Mittel für die Molekularwärme der Oxyde von der Form RO_2 den Wert 14,35.[1]) Da das Molekulargewicht des SiO_2 $M = 28{,}4 + 32 = 60{,}4$ beträgt, ergibt sich aus meinen Versuchen für die Molekularwärme des Quarzes:

$$
\begin{array}{lll}
\text{bei } 0^\circ: & 60{,}4 \cdot 0{,}1679 = 10{,}13 \\
100^\circ: & 0{,}1992 = 12{,}03 \\
200^\circ: & 0{,}2235 = 13{,}50 \\
300^\circ: & 0{,}2417 = 14{,}60.
\end{array}
$$

Zwischen 200 und 300° ist die Molekularwärme des Quarzes normal.

Koppscher Satz: Die Molekularwärme einer Verbindung ist gleich der Summe der Atomwärmen ihrer Komponenten.

Für die Atomwärme des O in Verbindungen findet Regnault im Mittel 4,2.[2]) Nach den Versuchen von H. F. Weber[3]) sind die spezifischen Wärmen des Siliciums bei verschiedenen Temperaturen:

$$C_0 = 0{,}160 \qquad C_{200} = 0{,}205$$
$$C_{100} = 0{,}196 \qquad C_{300} = 0{,}210.$$

Demnach wird:

Temperatur	Atomwärme des Si	Molekularwärme von O_2	Molekularwärme von SiO_2	gefunden
0	4,5	8,4	12,9	10,1
100	5,6	8,4	14,0	12,0
200	5,8	8,4	14,2	13,5
300	6,0	8,4	14,4	14,6

[1]) Wüllner, Wärme, 5. Aufl., pag. 623.
[2]) Wüllner, Wärme. 5. Aufl., pag. 627.
[3]) H. F. Weber, Spezifische Wärmen von C, B und Si, Programm zur 56. Jahresfeier der Akademie Hohenheim.

Die gefundene Molekularwärme stimmt zwischen 200 und 300° mit der aus den Komponenten berechneten überein.

Resultate.

Die spezifische Wärme des amorphen gegossenen Quarzes nimmt mit der Temperatur im ganzen untersuchten Bereiche zu. Die Zunahme ist am grössten bei den tieferen Temperaturen, nimmt nachher ab, um von ca. 800° an neuerdings zu wachsen. Die spezifische Wärme ist im untersuchten Gebiet wesentlich kleiner wie diejenige des kristallisierten Quarzes.

Es ist eingangs erwähnt worden, dass die spezifische Wärme vom Ausdehnungskoeffizienten abhängig ist, dass sie diesem // sich ändert. Es wäre also zu erwarten gewesen, dass der amorphe Quarz entsprechend dem kleinen Ausdehnungskoeffizienten eine anormal kleine spezifische Wärme besitzt, und dass dieselbe kleiner ist wie die des Bergkristalls.[1]) Das letztere ist der Fall; dagegen ist die spezifische Wärme nicht anormal klein, sondern folgt dem Gesetz von Kopp, wie sich nach dem Verhalten der *Si*-Komponente erwarten liess, bei etwas erhöhter Temperatur, nämlich bei 200 bis 300°.

Nach Untersuchungen von Regnault[2]) wird die spezifische Wärme einer Substanz unter sonst gleichen Umständen kleiner, wenn die Dichte der Substanz grösser wird. Die Dichte des geschmolzenen Quarzes ist um ca. 17°/o kleiner wie die Dichte des kristallisierten Quarzes. Das umgekehrte Verhalten der spezifischen Wärme des Quarzes gegenüber dem anderer Körper lässt sich zum Teil dem wesentlich kleineren Ausdehnungskoeffizienten der amorphen Modifikation zuschreiben, teils aber wohl auch der Verschiedenheit des molekularen Aufbaues der beiden Modifikationen, wie dies bei *S*, *As* u. a. der Fall ist.

Der gegossene Quarz darf für die praktische Verwendung bei thermischen Messungen sehr empfohlen werden. Seine Unempfindlichkeit gegen rasche Temperaturwechsel, seine grosse Festigkeit und seine chemische Beständigkeit machen ihn hierzu sehr geeignet. Insbesondere wird er, wie dies die zitierte Arbeit von Dietrici beweist, als Einschlussmaterial bei der Bestimmung der spezifischen Wärme, der Schmelzwärme, Verdampfungswärme und Dissoziationswärme etc. von an der Luft oxidierenden Körpern, von Flüssigkeiten und Gasen grosse Dienste leisten können. Die hier bestimmte spezifische Wärme des amorphen Quarzes vermittelt seine Verwendbarkeit bis zu Temperaturen von 900°.

---

[1]) Vergl. pag. 390. [2]) Regnault, Poggend. Ann. LXII u. LI.

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich (XXXVI).

1. Beiträge zur Kenntnis der afrikanischen Flora (XX).

(Neue Folge.)

Herausgegeben von Hans Schinz (Zürich).

Mit Beiträgen von

E. Hackel (Attensee). **Alfred Cogniaux** (Nivelles). **Hans Schinz** (Zürich).

Gramineae.

E. Hackel (Attensee).

Ischaemum Junodii Hack. *nov. spec.*

Culmus erectus plus 80 cm altus (incompletus exstat), teres, infra nodos et paniculam appresse pubescens, circ. 6 — nodus, simplex, fere ad apicem usque foliatus. Vaginae internodia superantes, teretes, appresse pubescentes, nodis pilosulis, ore longius barbatae. Ligula brevissima, membranacea, truncata, ciliolata, intus pilis stipata. Laminae ex angustata basi lineari-lanceolatae, acutae, circ. 20 cm lg., 10—15 mm lt., planae, rigidulae, subtus appresse pilosae, supra glabrae v. pilis adspersae, marginibus scabrae, tenuinerves. Racemi in apice culmi 3—5, in rhacheos communis vix 1 cm longae nodis solitarii v. bini, sessiles, subaequales, 8—10 cm longi, circ. 4—5 mm lati, patentes, subflexuosi, livide purpurascentes. Rhacheos subtenacis articuli spicula sessili duplo breviores, crassiusculi (0,6 mm lt.), obtuse trigoni, basi rectilinei, ciliati, ciliis exterioribus et superioribus articulum subaequantibus. Spiculae sessiles cum callo 15 mm longo semicylindracea obtuso basi breviter barbato 6 mm longae, oblongae: gluma I. in $^1/_3$ inferiore chartacea, brunnescens, glabra, scabra, in medio herbacea viridis, pilis longiusculis appressis obsita, in $^1/_3$ superiore utrinque ala membranacea latiuscula glabra purpurascente instructa, apice bidentata, marginibus anguste inflexa, 9-nervis, nervis prominulis subpercurrentibus; II. I^{am} aequans, ovato-lanceolata, subulato-acuminata, carina superne scabra, medio parce pilosa, 5-nervis, chartaceo-membranaceo; III. quam I paullo brevior, elliptica acuta, membranacea, hyalino-alata, ciliolata, 1-nervis, ejus palea lanceolata, acuta, 2-nervis, floris ♂ antherae 2 mm longae. Gluma IV. quam II. $^1/_3$ brevior, in $^1/_3$ superiore bifida, laciniis lineari-deltoideis acutis ciliolatis, inferne 3-nervis, e sinu aristam emittens circ. 10 mm longam perfectam, cujus columna subu-

lam basi laxe tortam subaequat. Palea glumam aequans ovato-lanceolata acuta hyalina, tenuissime binervis. Spiculae pedicellatae pedicello quam articulus paullo longiore illi simillimo fultae, 5 mm longae, lanceolatae, purpurascentes: gluma I. acuta, integra, superne haud alata, sed subapice a latere compressa, tota chartaceo-membranacea, toto dorso pilosa, 11-nervis, II. us in spicula sessili sed tota pilosa, reliqua ut in sp. sessili sed arista brevior.

Südafrika: Transvaalkolonie, Haut Bokhahe bei Shilouwane, 1000 m, leg. A. Junod 2365a.

Diese Art ist mit keiner altweltlichen verwandt, sondern nähert sich dem südamerikanischen *Ischaemum latifolium* Kunth, dem sie auch habituell ähnlich ist, das sich aber durch viel zahlreichere Scheinähren (eigentlich Trauben) unterscheidet, deren Spindelglieder dünner und undeutlich kantig sind; die erste Hüllspelze des sitzenden Ährchens hat bei I. latifolium einen 2—3 mm langen, stielförmigen, am Grunde langbärtigen Callus, ist lanzettlich, im oberen Teile ohne die bei *I. Junodii* auftretenden häutigen Flügel, kahl, 5—7-nervig. Die vierte Spelze ist bei *I. latifolium* ganzrandig oder nur ganz kurz zweizähnig, ihre Granne entbehrt meist einer deutlichen Scheidung in Columna und Subula, sie ist nur am Grunde schwach gedreht und bloss 6—8 mm lang.

Leguminosae.

Hans Schinz (Zürich).

Crotalaria paucifolia *Schinz nov. spec.*

Herba annua, erecta, a basi ramosa, ramulis adpresse sericeo pilosis; foliis petiolatis, 3-foliolatis, foliolis lineare oblanceolatis, apice acutis, basi acutis, subtus sericeis, supra subglabris; racemis terminalibus longe pedunculatis, paucifloris, floribus pedicellatis; calyce profunde in lacinias anguste lanceolatas sericeas partito; vexillo dorso sericeo, carina longe rostrata; legumine oblongo, 7—10 spermo, griseo pubescente.

Deutsch-Südwestafrika (Amboland): Namakunde in Uukuanyama, im Sandboden, Rautanen 553, bl. und fr. 30. III.

Eine grazile, vom Grunde an stark verzweigte Pflanze mit schlanken Zweigen, an denen die Laubblätter auffallend spärlich vertreten sind. Die Blattstiele erreichen eine Länge von ± 20 mm; die Blättchen sind bis über 40 mm lang und ± 3 mm breit. Die ± 12 cm langen Blütenstände sind zwei- bis achtblütig. Blütenstiele ± 3 mm, Kelchzähne 4—5 mm, die Blüten selbst ± 18 mm lang. Das Schiffchen ist an der untern Kante gegen den Grund zu wollig behaart. Die Länge der Hülsen beträgt, bei einer Breite von 5—6 mm, 10 mm.

Crotalaria hirsutissima *Schinz nov. spec.*

Herba perennis (?), a basi ramosa, hirsutissima; foliis 3-foliolatis, petiolatis, foliolis ellipticis, apice obtusis, apiculatis, supra sparse —, subtus dense hispidis; racemis paucifloris; floribus breviter pedicellatis; calyce profunde in lacinias 5 anguste lanceolatas partito; vexillo glabro; legumine plurispermo, glabro, oblongo, stipitato.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Otavi, Dinter 663, bl. und fr. 17. IV.

Ausgezeichnet durch die auffallend starke, aus steifen langen Trichomen bestehende Behaarung. Blattstiel 10—15 mm, Blättchen (getrocknet) schmutzig dunkelgrün, ± 15 mm lang und ± 4 mm breit. Kelchabschnitte in eine Spitze ausgezogen, ± 7 mm lang. Blüten ± 13 mm, Hülsen 20—25 mm lang und 8—10 mm dick.

Crotalaria hispida *Schinz nov. spec.*

Herba annua, a basi ramosa, ramis ramulisque hispidis; stipulis oblique lanceolatis; foliis-3 foliolatis, petiolatis, foliolis ellipticis, obtusis vel subacutis, apice mucronulatis, basi acutis, supra glabris, subtus hispidis; racemis oppositifoliis, 5-8-10 floris; floribus breviter pedicellatis; calyce adpresse piloso, ad medium 5 dentato, dentibus lanceolatis, subacutis; corolla glabra; legumine oblongo globoso, pluriovulato, stipitato, adpresse ferrugineo-sericeo.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Omboatjipiro, Dinter 447, bl. und fr. 29. III.

Eine offenbar einjährige, krautige Pflanze, deren unterste Zweige dem Boden anliegend, mit den Spitzen aufstreben. Die Behaarung ist an jüngern Trieben gelbrot. Blattstiel ± 9 mm, Blättchen bis 30, ja bis 50 mm lang und 3—8 mm breit. Infloreszenzen ± 75 mm lang. Blütenstiel $2^1/_2$—4 mm, Blüten bis 5 mm lang. Hülsen anliegend gelbrot behaart, eiförmig kugelig, 10 mm lang und 7—8 mm dick.

Crotalaria Lindneri *Schinz nov. spec.*

Annua, erecta, caule adpresse piloso; foliis 3-foliolatis, petiolatis, foliolis anguste ellipticis, obtusis vel truncatis et mucronulatis, basin versus cuneatis, subtus pilosis, supra glabris; stipulis subulatis; racemis terminalibus, paucifloris; floribus pedicellatis; calyce adpresse piloso, profunde 5 partito; corolla (?); legumine oblongo, pluriovulato, glabro.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): In sandigem Boden um Otjimbingue, Lindner, bl. V.

Wenigverzweigte Exemplare. Blattstiel ± 2 mm, mehrmals länger als die unscheinbaren Nebenblätter. Blättchen ± 20 mm lang

bei einer Breite von ± 3 mm. Blütenstiel 3—4 mm. Früchte im Kelche gestielt, dickwalzlich, 18—20 mm lang und ± 10 mm dick.

So unvollständig die mir vorliegenden Exemplare sind, so glaube ich doch dieselben mit einem Namen belegen zu dürfen, ich habe weder in unseren Herbarien, noch in denjenigen des britischen Museums und Kews eine Crotalaria gefunden, die sich mit der oben skizzierten Pflanze decken würde.

Crotalaria Kurtii *Schinz nov. spec.*

Caulibus numerosis, elongatis, pubescentibus; foliis 3-foliolatis, breviter petiolatis, foliolis subtus adpresse pubescentibus, obovato ellipticis, spatulatis vel oblanceolatis, rotundatis, mucronatis; stipulis lanceolato subulatis, brevissimis; racemis oppositifoliis; calyce ad medium 5 partito; vexillo extus puberulo; legumine oblongo, ovoideo, 2—3 spermo, pubescente.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Waterbergplateau, Kurt Dinter bl. 9. IX.

Wohl mehrjährig und vom Grunde an viel verzweigt und zwar buschig. Blattstiel 4—8—15 (selten) mm lang. Blättchen 6—15—20 (selten) mm lang und fast durchgehends 4—5 mm breit. Blütenstiele 3—4 mm lang. Kelch ± 6 mm lang, hiervon beanspruchen die lanzettlichen Kelchabschnitte ± 3 mm. Die Krone hat eine Länge von ± 13 mm, die Hülse eine solche von 11 mm bei einer Breite von ± 8 mm.

Crotalaria mutabilis *Schinz nov. spec.*

Erecta, annua, caule hirsuto; foliis 3-foliolatis, petiolatis, foliolis anguste lanceolatis vel lineare ellipticis, aristato mucronatis, supra glabris, subtus hirsutis, glaucis; racemis terminalibus, paucifloris vel plurifloris, floribus pedicellatis; calyce hirsuto, ultra medium 5-partito; legumine oblongo, glabro.

Deutsch-Südwestafrika (Amboland): Olukonda, Schinz 2062, ster. II., Rautanen 373, bl. II., 374, bl. V.

Eine aufrechte Staude mit zerstreut langbehaarten Stengeln, Blattstielen, Laubblättern, Blütenständen und Kelchen. Die Blattstiele sind ± 3 cm lang und werden von lanzettlichen, zugespitzten, ± 10 mm langen Nebenblättern begleitet. Blättchen 2½—6 cm lang und ± 4 mm breit, unterseits mit vereinzelten langen Haaren, oberseits kahl und hellgelbgrün (getrocknet). Blütenstiele ± 5 mm. Der Kelch hat eine Länge von ± 8 mm und ist bis über die Mitte geteilt; die Kelchzipfel sind breit lanzettlich und zugespitzt. Die 13—15 mm lange Krone ist mit Ausnahme des an den beiden obern Kanten wollig be-

haarten Schiffchens völlig kahl. Hülse oblong (unreif), kahl und mehrsamig.

Lotononis Dinteri *Schinz nov. spec.*

Herba perennis (?), basi ramosa; ramis teretibus, sericeo villosis; stipulis foliaceis, lanceolatis, villosis, foliorum petiolo aequilongis longioribusve; foliis erecto patentibus, longe petiolatis, villosis foliolis anguste lanceolatis acutis; floribus fasciculatis; calyce villoso, segmentis subulatis; vexillo unguiculato spathulato villoso; carina obtusa, vexillo alisque carina brevioribus; ovario pluriovulato, apice villoso.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Otavi, Dinter 664, 17. VI.

Eine anscheinend mehrjährige, krautige, aufrechte Pflanze, die ausgezeichnet ist durch eine etwas ins Gelbliche tönende lange, weiche Behaarung, die nur dem Androeceum und zum Teil dem Fruchtknoten mangelt. Die Blätter sind bis 25 mm lang und dreizählig, die Blättchen sind schmal lanzettlich, ± 20 mm lang und ± 3 mm breit, spitz und werden von Nebenblättern begleitet, die ungefähr die Länge der Blattstiele erreichen, in den meisten Fällen habe ich pro Laubblatt nur ein einziges Nebenblatt wahrgenommen. Die sitzenden Blüten entspringen zu mehreren den Blattachseln. Der Kelch misst ± 7 mm und zwar entfallen hiervon auf die Kelchröhre 5, auf die fünf pfriemlichen Kelchzipfel 2 mm, die beiden rechts und links von der Mediane vorn gelegenen Kelchabschnitte sind etwas tiefer voneinander getrennt. Der stumpfe Kiel misst ± 10 mm und überragt an Länge die Fahne und die Flügel um bis zu 3 mm. Die Fahne ist spatelförmig, oberwärts ± 2¼ mm breit und 7 mm lang. Der Fruchtknoten ist gegen die Spitze zu lang behaart und ± 7samig.

L. Dinteri *Schinz var.* ***amboensis*** *Schinz nov. var.*

Unterscheidet sich vom Typus wesentlich nur durch die kleineren Blätter und das mehr silbergraue Indument.

Deutsch-Südwestafrika (Amboland): Namakunde in Uukuanyama, Rautanen 549, 28. III.

L. Dinteri *Schinz* gehört in die Sektion ***Leptis*** (Harvey und Sonder, Flora Capensis, II (1861/62), 49, und würde etwa in die Nähe der *L. villosa* Benth. zu stellen sein, einer Art, die mir allerdings nur aus der Beschreibung bekannt ist.

Tephrosia shiluwanensis *Schinz nov. spec.*

Suffrutex erectus, sparse ramosus, ramulis sericeo pilosis, demum glabris; foliis petiolatis, 3—5 jugatis, foliolis oblongo obovatis vel

cuneatis, truncatis vel emarginatis et subaristatis, subtus sericeo pilosis, supra glabris; racemis axillaribus et terminalibus; calyce piloso; vexillo piloso; legumine glabro.

Südafrika (Transvaalkolonie): Shiluwane, 600—700 m, Junod 2355.

Bis 1 m hohe Staude, aufrecht, anscheinend spärlich verzweigt, die jüngern Zweige anliegend seidig behaart, später verkahlend. Die Laubblätter sind ± 2½ cm lang gestielt; die Blättchen sind 3—5paarig, länglich verkehrteiförmig bis keilförmig, ± 1 mm lang gestielt, oben abgestutzt bis flach ausgerandet und grannenspitzig (Grannenspitze mindestens 1 mm lang), ± 2½ cm lang und ± 1 cm breit, sie sind unterseits nicht sehr dicht anliegend seidig behaart (die grüne Farbe überwiegt noch), oberseits kahl. Die lanzettlichen, behaarten Nebenblätter sind in eine lange Spitze ausgezogen. Die traubigen, blattachselständigen oder terminalen Blütenstände sind mindestens 10 cm lang, nicht sehr reich-, aber auffallend grossblütig. Die Blüten sind 2—3 mm lang gestielt. Der mit langen weissen Seidenhaaren besetzte Kelch ist becherförmig; zwei der Kelchzähne sind etwas höher hinauf untereinander verwachsen als die übrigen Abschnitte. Die Fahne ist auf der Aussenseite mit goldbraunen, anliegenden Seidenhaaren bekleidet und mindestens 1½ cm lang und 12 mm breit. Die Hülsen sind kahl, vielsamig, ± 6 mm lang und ± 8 mm breit, dicklederig.

Tephrosia Dinteri Schinz nov. spec.

Herba basi fruticosa, ramulis hirtis; foliis longe petiolatis, pinnatis 2-jugis, foliolis anguste ellipticis vel oblongo lanceolatis, basi acutis, apicea piculatis, brevissime petiolulatis, subtus et supra griseo sericeis vel substrigosis; stipulis subulatis; floribus longe pedicellatis in racemos elongatos dispositis; calyce dense sericeo, dentibus lanceolato triangularibus; vexillo extus sericeo; ovario sericeo strigoso.

Deutsch-Südwestafrika (Gross-Namaland): Inachab, Dinter II. 54, bl. X.

Vom Grunde an stark verzweigte, wohl einjährige Pflanze mit sehr schlanken, langen Infloreszenzen. Laubblätter bis 6 cm lang, ± 5 mm breit. Nebenblätter ± 4 mm lang, abstehend. Blütenstiele ± 6 mm. Kelchröhre ± 2 mm lang. Kelchzähne ± 1½ mm.

Tephrosia (?) monophylla Schinz nov. spec.

Caule erecto, dense adpresse argenteo sericeo; foliis breviter petiolatis, 1-foliolatis, oblongo ellipticis, mucronulatis, supra glabris, subtus sericeis; floribus axillaribus solitariis, breviter pedicellatis; calyce sericeo villoso; vexillo extus sericeo; legumine?

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Fleck (ohne nähere Standortsangabe) 463.

Laubblattstiel ± 4 mm, Spreite 4—6 cm lang, 4—8 mm breit. Blütenstiel 1½—2 mm lang. Kelchröhre ± 4 mm, Kelchzähne ± 1 mm. Frucht bis 2½ cm lang und ± 4 mm breit, angedrückt behaart.

Die im Verhältnis zur Kelchröhre so überaus kleinen Kelchzähne passen nicht so recht zu *Tephrosia*, ich kann indessen die seltsame Pflanze anderswo nicht unterbringen.

Tephrosia lactea *Schinz nov. spec.*

Suffruticosa, ramulis cinereo holosericeis; foliis 13—14 jugatis, petiolo communi holosericeo; foliolis oblongo obovatis, apice emarginatis vel rotundatis, mucronatis, basi cuneato acutis, supra glabris, subtus lacteo-vel cinereo holosericeis; racemis terminalibus, pedunculatis, plurifloris, holosericeis; floribus pedicellatis; calyce holosericeo, dentato, dentibus triangulare lanceolatis; ovario sericeo, stylo piloso.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Epako, in sandigem Boden, Rautanen 530, bl. u. fr. 2. II., A. Lüderitz (ohne nähere Standortsbezeichnung).

Die prächtige Behaarung bildet für die Pflanze ein auffallendes Merkmal. Die 1—2 cm lang gestielten Laubblätter sind bis 12 cm lang, die kurz gestielten Blättchen, deren grösste Breite über der Mitte gelegen ist, sind nach dem Grunde zu keilförmig verschmälert, 18—25 mm lang und 5—9 mm breit. Die Blütenstiele messen ± 5 mm. Die Kelchröhre ist ± 3 mm lang, der längste Abschnitt misst ± 5, der kürzeste ± 3 mm. Flügel und Fahne sind auf der Aussenseite seidig behaart und zwar hat die Fahne eine Länge von ± 14 mm. Blütenfarbe blaurot. Die Hülsen messen ± 5 cm in der Länge und ± 4 mm in der Breite.

Tephrosia salicifolia *Schinz nov. spec.*

Herba basi suffruticosa, ramulis dense ferrugineo sericeis; foliis breviter petiolatis vel subsessilibus, 1-foliolatis, oblongo lanceolatis vel anguste ellipticis, basi acutis, apice obtusis et mucronatis, supra glabris, subtus sericeis; stipulis minutis, subulatis; floribus breviter pedicellatis, in racemos elongatos multifloros dispositis; calyce densissime ferrugineo sericeo, dentato, dentibus lanceolato triangularibus; vexillo extus densissime ferrugineo sericeo; stylo barbato, ovario ferrugineo sericeo.

Südafrika (Transvaalkolonie): bei Hammanskraal, 1460 m, Schlechter 4193, bl. 16. I.; zwischen Koedoes und Middle Letabariver, Junod 1554, bl. I.; Boshveld, Elandsrivier and Elandsdrift, Rehmann 4927.

Die Laubblätter dieser Art sind bis 15 cm lang und bis 10 mm breit; das auf die Unterseite beschränkte Indument ist, wenn man die Blätter von der Spitze gegen die Basis zu bestreicht, rauh. Die Nebenblätter sind ± 2 mm lang. Die endständigen, traubigen Blütenstände tragen durch ± 3½ cm lange Internodien getrennte Blüten, deren Kelch ± mm lang ist. Die Kelchzähne sind ± 2½ mm lang. die Fahne hat eine Länge von ± 1 cm. Die unreifen Hülsen sind dicht braunrot-, am Rande dunkelbraun-seidig behaart.

Rhynchosia Rehmannii *Schinz nov. spec.*

Scandens, caule dense hirsuto, viscidulo; foliis longe petiolatis, 3-foliolatis, foliolis rhomboideo-ovatis, basi rotundatis, apice rotundatis vel subacutis, mucronatis (terminalibus longe petiolatis), supra sparse hirsutis, subtus ad nervos hirsutis, margine revolutis; stipellis late lanceolatis vel subovato-lanceolatis, acuminatis; pedunculo elongato, hirsuto, viscidulo, multiflori; floribus breviter pedicellatis, bracteis lineare lanceolatis; calyce flavo hirsuto, tubo brevi, dentibus lanceolatis, acutis, inter se fere aequalibus, infimo ceteros excedente; corolla glabra; ovario dense hirsuto, stylo glabro.

Südafrika (Kapkolonie): Rondebosh, Rehmann 1669; (Transvaalkolonie): Hoggeveld, Standarton, Rehmann 6809.

Laubblattstiel ± 2 mm lang, Laubblättchen ± 2½ cm lang und ± 2 cm breit, Endblättchen + 10 mm lang gestielt. Die Nebenblätter haben eine Länge von ± 7 und eine Breite von ± 4 mm. Die Blütentrauben sind ± 9 cm lang. Der Kelchtubus misst ± 5 mm, die Kelchzipfel sind 12 mm lang und mindestens 2 mm breit.

Charakteristisch für diese Art ist die stark drüsige Behaarung; auffallend sind des weitern die breiten Kelchzipfel und die grossen Blüten, deren Fahnen gestreift sind.

Rhynchosia Totta *(Thunb.) DC. var.* ***Fenchelii*** *Schinz nov. var.*

Scandens, caule breviter griseo puberulo; foliis petiolatis, foliolis anguste lanceolatis, acutis mucronatis, basi rotundatis, utrinque griseo puberulis; stipulis lineare lanceolatis; racemis axillaribus, 1-vel 2-floris; floribus pedicellatis; calyce puberulo, dentibus subulato lanceolatis, acutis; ovario longe hirsuto.

Deutsch-Südwestafrika (Gross-Namaland): Keetmanshoop, Fenchel 195.

Laubblattstiel bis 7 mm lang, meist aber nur ± 3 mm, Spreite ± 20 mm lang und ± 5 mm breit, selten breiter. Der Blütenstand-

stiel misst bis 15 mm; die Blütenstiele haben eine Länge von ± 2½ mm. Die Blüten sind bis 15 mm lang.

Ich war zuerst geneigt, die Pflanze als eine neue Art aufzustellen, bin aber nach erneuter Untersuchung und Vergleichung mit *R. puberula* (Eckl. et Zeyher) Harvey und *R. Totta* (Thunb.) DC. doch wieder davon abgekommen. Von *R. puberula* unterscheidet sie sich durch die Infloreszenzen, die bei letztgenannter Art kürzer als die Laubblätter zu sein pflegen. *R. Totta* hat entweder kahle oder abstehend behaarte Laubblätter, auch scheinen die Blüten bei ihr kleiner zu sein. Eine Entscheidung ist angesichts der grossen Zahl neu beschriebener Arten schwierig zu treffen.

Rhynchosia congestiflora *Schinz nov. spec.*

Suffrutex (?), ramulis volubilibus (?), lignosis, elongatis, superiore parte velutinis, demum subglabrescentibus et rubiginosis; foliis petiolatis, trifoliolatis, foliolis rhomboideo-ovatis, acuminatis, lateralibus obliquis, basi subcuneatis, utrinque molliter pubescentibus; stipulis lanceolatis; racemis axillaribus, pedunculatis, congesto multifloris, puberulis; floribus pedicellatis; calyce velutino, glanduloso, dente superiore late, apice bifido, lateralibus superiori ca. aequilongis, late lanceolatis; vexillo extus puberulo, glanduloso, alis basi biappendiculatis; ovario velutino hirsuto, glanduloso, stylo glabro.

Deutsch-Südwestafrika (Hereroland): Waterberg, auf dem Plateau, Dinter 365.

Die ± 20 mm lang gestielten Laubblättchen sind bis 40 mm lang und bis 30 mm breit, die Endblättchen haben Stielchen von ± 8 mm Länge. Die Blütenstiele messen ± 3 mm. Der Kelch besteht aus einem ± 3 mm hohen Tubus und ± 3½ mm langen und ± 2 mm breiten Abschnitten.

Rhynchosia namaensis *Schinz nov. spec.*

Caulibus procumbentibus (?), caneliculatis, villosulo pilosis, viscosis; foliis longe petiolatis, 3-foliolatis, foliolis ovatis vel obovatis, basi saepe cuneatis, utrinque villosis; racemis axillaribus, pedunculatis, multifloris; floribus breviter pedicellatis; calyce viscidulo, vexillo glabro; legumine juniore dense hirsuto et viscidulo.

Deutsch-Südwestafrika (Gross-Namaland): an Flussrinnen im Gebirge südlich von Rehoboth, Fleck 698.

Eine kriechende (?) Pflanze, deren gelbgrüne Stengel mit langen Haaren, kurzen Samthaaren und kurzen Drüsen besetzt sind. Die von eiförmig lanzettlichen, spitzen, bis 2 mm langen und bis 3 mm breiten Nebenblättern besetzten Blattstiele sind kantig, ± 25 mm lang. Die

Spreiten der einzelnen Blättchen sind eiförmig bis verkehrteiförmig, meist kurz bespitzt, beiderseits ± kurz weichbehaart, drüsig und gewimpert. Sie werden von drei vom Grunde an eintretenden, bogig nach oben verlaufenden Nerven durchzogen, die namentlich auf der Unterseite deutlich zutage treten. Während die zwei Seitenblättchen nur 1—1½ mm lang gestielt sind, besitzen die Endblättchen einen bis 10 mm langen Stiel. Die Länge der Spreite beträgt durchschnittlich 20 mm, die Breite ca. 15 mm. Die blattachselständigen Blütenstände sind ungefähr zweimal länger als die Laubblätter, traubig, ± 15blütig und stark drüsig. Die unansehnlichen Tragblätter sind von lanzettlichem Umriss, ± 1½ mm lang, d. h. von der Länge der Blütenstiele. Die Kelchröhre misst ± 3 mm, die breit-lanzettlichen Abschnitte sind ± 3 mm lang und spitz. Die Kronblätter sind kahl, die Fahne zeigt eine deutliche Längsstreifung. Die Hülsen (nur in unreifem Zustande vorliegend) sind behaart und drüsig.

***Rhynchosia** (§ Copisma) **Fleckii** Schinz nov. spec.*

Scandens, caule hirsuto; foliis petiolatis, 3-foliolatis, foliolis late obovatis, basi cuneatis (lateralibus obliquis), apice mucronatis, interdum emarginatis, utrinque molliter pubescentibus; stipulis lanceolatis; racemis axillaribus, pedunculatis, paucifloris; floribus breviter pedicellatis; calyce dense hirsuto et puberulo; vexillo glabra; ovario et legumine hirsutis et puberulis.

Südwestafrika (Kalachari): Uschi, Fleck 693.

Schlingpflanze mit im April erscheinenden gelben Blüten. Die Blattstiele sind ± 1 cm lang, die Blättchen bis 25 mm lang und bis 22 mm breit, am Grunde dreinervig. Hülse ± 22 mm lang und ± 8 mm breit.

Bei der grossen Zahl der in den letzten Jahren neu beschriebenen Arten, die ich allerdings zum grösseren Teil in London und Kew einsehen und mit den von mir als nov. spec. erachteten und diagnostizierten Exemplaren vergleichen konnte, erscheint es vorläufig unmöglich, nach den sonst so beliebten „Verwandschaften" zu suchen. Derartige Feststellungen erheischen zur Zeit, wenn sie ernst genommen sein sollen, beinahe für jeden einzelnen Fall, sagen wir für jede artenreichere Gattung, eine monographische Bearbeitung.

***Rhynchosia elegantissima** Schinz nov. spec.*

Scandens; caule sericeo; foliis petiolatis, trifoliolatis, foliolis brevissime petiolulatis, anguste lanceolatis, basi rotundatis, apice acutis et breviter aristatis, margine leviter revolutis, supra subsericeis, subtus dense niveo sericeis, reti nervorum subtus prominulo; stipulis lanceo-

latis; racemis parvifloris (± bifloris), axillaribus; floribus pedicellatis; bracteis lineari lanceolatis; calyce dense hirsuto tubo brevi, dentibus subulato lanceolatis, inter se fere aequalibus; corolla glabra, calycem excedente; ovario niveo sericeo, legumine incano.

Südafrika (Transvaalkolonie): Makapansberge, Streydpoort, Rehmann 5545.

Die Blattstiele messen ± 2 cm, die Spreiten der Blättchen 3 bis 5 cm in der Länge und 2—7 mm in der Breite, sie sind oberseits braun, unterseits silberweiss. Die Länge der Blütenstiele beträgt 13 mm. Der Kelchbecher ist 2 1/2—3 mm lang, der längste Kelchzahn misst 5 mm, der kürzeste 3 1/2 mm. Die Hülsen sind ± 20 mm lang und ± 6 mm breit.

Rhynchosia cinnamomea *Schinz nov. spec.*

Scandens, caule cinnamomeo hirsuto; folii strifoliolatis, longe petioatis, foliolis oblongo ovatis vel ovato lanceolatis, subacutis, mucronatis, basi rotundatis vel subcuneatis, utrinque velutinis, reti nervorum subtus prominulo; stipulis anguste lanceolatis; pedunculo elongato, 5-floro; floribus breviter pedicellatis; bracteis lineari lanceolatis; calyce hirsuto, dentibus anguste lanceolatis acuminatis; corolla glabra, calycem excedente; ovario dense hirsuto, stylo glabro; legumen cinnamomeo hirsuto.

Südafrika (Transvaalkolonie): Im Gebüsch auf dem Magallisberg bei Aapiesrivier, 1600 m, Schlechter 4162, 14. I.

Die Pflanze fällt sofort durch die braungelbe, an den jüngern Trieben fast fuchsige Behaarung auf. Die Laubblätter sind bis 25 mm lang gestielt, die Blättchen sind bis 35 mm lang und bis 15 mm breit, das Endblättchen ist ± 8 mm lang gestielt. Die Blütenstände haben eine Länge von bis 10 cm, die einzelnen Blütenstiele eine solche von ± 3 mm. Der Kelchbecher ist 3—4 mm, die Kelchzipfel sind ± 5 mm und das Schiffchen ist 10 mm lang.

Die Art scheint an den Formenkreis der *R. Totta* (Thunb.) DC. anzuklingen, an der oben erwähnten Behaarung ist sie unschwer zu erkennen.

Dichilus pilosus *Conrath ined. nov. spec.*

Villosus; foliis oblongo obovatis, mucronatis, subtus villosis, supra subglabris, petiolatis; calyce profunde bilabiato, alis breviore, villoso, dentibus lineare lanceolatis.

Südafrika (Transvaalkolonie):

Eine, mit Ausnahme der Kronblätter und des Staubblattapparates, durchwegs mit langen, weichen, weissen Seidenhaaren besetzte Pflanze

mit 6—7 mm lang gestielten, fingerig dreizähligen Laubblättern. Die meist gefalteten, länglich verkehrteiförmigen Blättchen sind bis 12 mm lang und ± 5 mm breit, unterseits lang behaart, oberseits fast kahl und von einer kleinen, unscheinbaren Weichstachelspitze überragt. Die entweder einzeln oder auf gemeinsamem Blütenstandstiel zu zweien blattachselständigen Blüten sind ± 2½ mm lang gestielt. Die weittrichterförmige Kelchröhre ist ± 2 mm hoch und trägt zwei 4—5 mm lange Lippen, die zwei- bezw. dreiteilig sind, die Lippenschnitte sind pfriemlich-lanzettlich. Die Flügel überragen den Kelch um 1½ mm. Die + höckerigen Hülsen sind weich behaart und 20—25 mm lang und ± 3 mm breit.

Die Behaarung ist so eigenartig, dass diese Art unschwer von den übrigen wenigen bis jetzt beschriebenen *Dichilus*-Arten unterschieden werden kann. Der Sammler, Herr Conrath, ein vorzüglicher Kenner der Transvaalflora, hat die Spezies *pilosus* genannt und ich habe mir erlaubt, diesen Manuskriptnamen beizubehalten.

Caesalpinia obovata *Schinz nov. spec.*

Frutex, ramulis junioribus dense glanduliferis, adultis glabrescentibus; foliis pinnatis, breviter petiolatis, 3-jugis, foliolis subsessilibus, glabris, obovatis, basi cuneatis, saepe obliquis, apice truncatis vel emarginatis; racemis terminalibus, plurifloris, glandulosis; receptaculo oblique campanulato, uti sepala extus glanduloso, intus glabro, petalis 5, inaequalibus, oblongis, late unguiculatis, glabris; legumine oblongo, plano, purpurascente, glanduloso.

Deutsch-Südwestafrika (Gross-Namaland): Inachabberg, Dinter 1169, bl. XII.

Ein 2—2½ m hoher Strauch mit auffallend roten Zweigen. Die jungen Triebe sind dicht mit langen, tentakelartigen, groben Drüsen besetzt, welche Anhängsel sich auch auf den Blattstielen, den Blütenstielen, dem Kelch und auf den jungen Hülsen finden. Diese Drüsen bestehen aus einem massiven, vielzelligen, von ein oder wenigen langen, als mechanische Verstärkung dienenden Bastzellen durchzogenen Stiel und einem vielzelligen, roten Kopfe. Die Laubblätter sind sehr kurzgestielt, einfachpaarig gefiedert. Die zu vier oder sechs vorhandenen Blättchen sind paarweise durch Rhachiszwischenräume von 2 mm voneinander getrennt, von verkehrteiförmigem Umriss, abgerundet oder seicht ausgerandet, oberwärts am Rande rötlich und häufig pubeszierend, am Grunde keilförmig, drüsenlos, lederig und ± 5 mm lang und bis 5 mm breit. Die Zweigstipeln sind kurz, dornig stechend, leicht abbrechend, an der Rhachis pfriemlich. Die Blütenstände sind 4—5 cm lang. Die Blütenstiele erreichen eine Länge von 7 mm und sind

dicht mit gestielten Drüsententakeln besetzt. Die Kelchröhre und der helmförmige Kelchabschnitt sind stark-, die übrigen Kelchabschnitte etwas schwächer drüsig. Die zwei seitlichen Abschnitte sind schmal; zur Zeit der Bestäubung lösen sich die Abschnitte vom Kelchtubus durch einen scharfen Kreisschnitt los. Die Petalen, von denen zwei in der Knospe im helmförmigen Kelchabschnitt geborgen sind, sind verkehrteiförmig, keilförmig in den Nagel verschmälert, kahl. Das vordere Kronblatt ist ± 8 mm lang und ± 5 mm breit, die seitlichen messen 5 mm in der Länge und 2 mm in der Breite. Staubblätter 10, die Staubfäden unterwärts breit und flaumig behaart, oberwärts kahl und fädlich. Die Hülsen sind flach, blutrot und stark drüsig.

Ich bin zuerst, namentlich auf Grund der einfach gefiederten Laubblätter, versucht gewesen, die oben beschriebene Pflanze zum Typus einer neuen Gattung zu machen, durch ein erneutes Studium der in Frage kommenden Genera in den Sammlungen Kew's und des britischen Museums bin ich von diesem Gedanken wieder abgekommen und belasse die seltsame Pflanze bei der Gattung *Caesalpinia,* mit der sie in mehrfacher Hinsicht Übereinstimmung zeigt, wie auch in dem eigenartigen Verhalten des Kelches, indem nach stattgehabter Anthese die Kelchabschnitte sich durch einen scharfen, etwas schief verlaufenden Kreisschnitt vom stehenbleibenden Kelchtubus loslösen. Die Gattung *Mezoneurum,* die übrigens auch doppelt gefiederte Laubblätter besitzt, hat einkantig geflügelte Hülsen.

Rubiaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Oldenlandia Junodii *Schinz nov. spec.*

Herba probabiliter perennis, basi sublignosa, caulibus gracilibus, ramosissimis, glabris, tetragonis; foliis petiolatis, rotundato ovatis, acutis vel mucronatis; stipulis vaginatis setulosis; floribus pedicellatis; sepalis glabris, acutis; corolla calycem 2-plo superante, lobis acutis, glabris; staminibus apicem loborum attingentibus; ovario glabro.

Südafrika (Transvaalkolonie): Mount Mamotsuiri, 1500 bis 1700 m, Junod 2007.

Der an den Knoten wurzelnde Stengel ist kantig und kahl und trägt mit breitem, kurzem Blattstiel versehene, rundlicheiförmige bis eiförmig breitelliptische, abgerundete bis bespitzte, unterseits kahle, oberseits und am Rande mit kurzen breiten Haaren versehene Laubblätter von ± 4 mm Länge und ± 3 mm Breite. Die meist achselständigen Blütenstiele sind ± 2½ lang. Die trichterförmige Kelch-

röhre hat eine Länge von 3—4 mm; die vier Abschnitte sind eiförmig lanzettlich, spitz bis bespitzt, kahl und ± 2 mm lang. Die ± 4 mm lange Kronröhre ist unterwärts streng zylindrisch, oberwärts etwas erweitert und trägt länglich eiförmige, stumpfe, ± 3 mm lange und 2 mm breite Saumlappen. Die mit ± 1½ mm langen Staubfäden versehenen Antheren ragen aus dem Schlund heraus, so dass die Spitzen der 1½ mm langen Staubbeutel die Spitzen der Kronlappen erreichen. Der Fruchtknoten ist behaart, die Narbe ist kurz zweilappig.

Oldenlandia Schlechteri *Schinz nov. spec.*

Herba probabiliter annua, humilis; caule parce ramoso anguloso, papilloso hispido; foliis late ovatis, petiolatis, supra scabridis, papillis hyalinis subtus in nervo mediano inspersa; vagina stipulari membranacea hyalina, setis 3—4 vaginam aequantibus vel duplo et ultra superantibus, foliformibus ornata; floribus pedicellatis; ovarii subgloboso scabrido; sepalis acutis scabridis; corolla 5-plo calycem superante, in 4 lobos divisa, papilloso hispida, staminibus inclusis, filamentis brevibus.

Südafrika (Transvaalkolonie): Krantzkloof, 1500 m, Schlechter 3196, 18. IX. 1893.

Eine zarte, krautige Pflanze mit behaarten Stengeln und breiteiförmigen, spitzen, selten stumpfen, bis 12 mm langen und bis 8 mm breiten Laubblättern, die oberseits und unterseits auf dem Mittelnerven die für zahlreiche Oldenlandien charakteristischen Haare tragen. Die Nebenblätter sind zu einer vielfransigen Scheide verwachsen, die einzelnen Fransen sind sehr zierlich fein kurz gefiedert. Die 3 bis 4 mm langen Blüten haben einen behaarten Kelch mit vier spitzen, ± 2 mm langen Abschnitten. Die auf der Aussenseite behaarte Krone besteht aus einer 7 bis 8 mm langen Röhre und ± 3½ mm langen Saumlappen. Die sitzenden Staubbeutel sind etwas unterhalb der Saumbuchten inseriert, so dass die Staubbeutelspitzen zur Not noch aus der Kronröhre hervorgucken. Der Griffel ist kürzer als die Kronröhre und erreicht daher die Staubbeutel nicht.

Nur nach der Tracht zu urteilen, möchte man fast vermuten, es liege hier eine Schattenform der oben beschriebenen *O. Junodii* vor, dagegen spricht aber nicht nur die auffallende Behaarung, sondern sprechen noch mehr die erwähnten morphologischen Unterschiede, wie Fehlen der Staubfäden und die eigenartige Ausgestaltung der Stipeln. Beide Arten erinnern gewissermassen an *O. trinervia* Retz., eine Art, die ausgezeichnet ist durch kurze Kronröhren.

Cucurbitaceae.

Alfred Cogniaux (Nivelles).

Coccinia parvifolia *Cogn. nov. spec.*

Foliis brevissime petiolatis, eglandulosis, indivisis, anguste cordato-ovatis interdum subpanduriformibus, basi profundiuscule emarginatis, apice obtusis, margine remotiuscule acuteque dentatis, supra tenuiter calloso-scabris, subtus brevissime subsparseque hirtellis; cirrhis simplicibus; racemis masculis 3—5-floris, foliis circiter aequilongis; calyce subtiliter puberulo, dentibus brevibus, anguste triangularibus.

Rami gracillimi, sulcati, brevissime sparseque pubescenti-scabriusculi. Petiolus gracilis, subtiliter puberulus, 3—8 mm longus. Folia submembranacea, supra intense viridia et albo-punctata, subtus paulo pallidiora, 4—5½ cm longa, 3—3½ cm lata. Cirrhi filiformes, vix pilosuli. Pedunculi masculi saepissime geminati, filiformes, sulcati, vix pilosuli, inaequales, brevior uniflorus 4—3 cm longus, longior pluriflorus 4—5 cm longus; pedicelli capillares, 4—10 mm longi. Calyx late cyathiformis, tubo apice 4—5 mm lato, dentibus 1½—2 mm longis. Corolla brevissime pubescens, 5—6 mm longa. Flores feminei et fructus ignoti. — Affinis *Cocciniae senensis* Cogn.

Südafrika (Transvaalkolonie): Mount Marovounge, Junod 2491.

---

2. Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora (VIII).

1. Beiträge zur Adventivflora der Schweiz

von

A. Thellung (Zürich).

Die folgende Aufzählung enthält eine Zusammenstellung der sämtlichen mir bekannt gewordenen, seit dem Erscheinen der zweiten Auflage der „Flora der Schweiz" von Schinz und Keller (1905) gemachten Funde neuer adventiver Arten im Gebiete der Schweizerflora, ferner eine Auswahl neuer Standorte seltener und kritischer Adventivpflanzen, endlich die in der Schweiz selbst nicht nachgewiesenen adventiven Arten der Grenzgebiete der Schweizerflora (französisches Gebiet um Genf, Elsass und Baden im Gebiet der Flora von Basel, Bodenseegebiet, Vorarlberg, Veltlin, Comer- und Langensee etc.), deren Florenbestand in Zukunft in der „Flora der Schweiz" berücksichtigt werden soll.

Als Quellen haben mir hauptsächlich gedient: die Herbarien der Herren Dr. A. Binz-Basel, H. Lüscher-Solothurn, Dr. O. Naegeli-Zürich, Dr. R. Probst-Langendorf, W. Werndli-Zürich, die mir ihre neuen Funde in zuvorkommender Weise zur Bestimmung bezw. Revision und Publikation zur Verfügung gestellt haben, ferner zufällige Beobachtungen noch nicht publizierter Vorkommnisse in den Herbarien der Universität und des Polytechnikums in Zürich (hauptsächlich Funde der Herren J. Bär, Branger, Bucher, Schnyder, Dr. Sulger-Buel, Vetter) und eigene Funde, endlich folgende Publikationen:

Lüscher, H., Nachtrag zur Flora des Kant. Solothurn (Grenchen 1904).
Probst, Dr. R., Beitrag zur Flora von Solothurn [1]) und Umgebung (Mitteil. d. Naturf. Ges. Soloth., 2. Heft [XIV. Bericht], 1902—04 [Sep. 1904]).
Binz, Dr. A., Flora von Basel und Umgebung, 2. Aufl. (1905).

[1]) Unstreitig die an Adventivpflanzen reichste Lokalität der Schweizerflora war in den letzten Jahren die „Turnschanze" in Solothurn, eine Aufschüttung, zu der nach Mitteilung von Dr. Probst als Material häufig Abfälle aus der benachbarten Malzfabrik verwendet werden. Der evidente Rückgang der zürcherischen Adventivflora etwa seit 1904 dürfte wohl mit der Einrichtung einer Kehrichtverbrennungsanstalt in Zusammenhang zu bringen sein.

Den genannten Herren, sowie den Direktoren der beiden erwähnten zürcherischen Museen, meinen verehrten Lehrern Prof. Dr. Hans Schinz und Prof. Dr. C. Schröter, sei für die gütige Erlaubnis zur Publikation der interessanten Befunde in ihren Herbarien auch an dieser Stelle mein wärmster Dank ausgesprochen.

Zürich, im Oktober 1907.

Die für das Gebiet ***neuen Arten*** sind ***fett*** gedruckt. Mit einem Stern (*) sind diejenigen Spezies bezeichnet, die in Höcks Zusammenstellung „Ankömmlinge in der Pflanzenwelt Mitteleuropas während des letzten halben Jahrhunderts" X (Zusammenfassung) in Beih. Bot. Zentralbl. XVIII 2. Abt. (1905) noch nicht genannt sind und auch in Kochs Synopsis ed. 2 (1843—45) fehlen, die also seit 1905 für das Gebiet der mitteleuropäischen Flora neu sein dürften.

****Andropogon sericeus*** *R. Br.* (Austral., N. Caled., Philippinen). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

****Eriochloa punctata*** (L.) Hamilton det. Hackel (in den wärmeren Zonen verbreitet). — Ebenda, 1907, Probst!

****Eriochloa acrotricha*** (Steudel) Hackel teste Hackel (Helopus acrotrichus Steudel; trop. Afr., As., Austral.). — Derendingen bei Solothurn, auf Kompost bei der Kammgarnspinnerei (Abfälle aus australischer Schafwolle), 1906—7, Probst!

Panicum proliferum Lam. (Trop.) var. ****decompositum*** (R. Br. pro spec., Austral.). — Mit der vorigen Art, 1906—7, Probst!

****Panicum gracile*** R. Br. det. Hackel (Austral.). — Ebenda, 1907, Probst!

Phalaris paradoxa L. (Medit.). — Zuchwilstrasse bei Solothurn, 1904, Probst!; Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!, Binz!, 1905—6 Lüscher!; Malzfabrik Solothurn, 1905, Lüscher!; Solothurn beim Baseltor, 1907, Probst!; Kiesgrube im Hard Zürich III, 1907, Thellung.

Phalaris truncata Guss. (Medit.). — Kiesgrube beim Hardplatz in Zürich III, 1902, Thellung (in der Ruderal- u. Adventivfl. d. Kt. Zürich [1905], 15 irrig als *Ph. brachystachys* publiziert); Biberiststrasse und Turnschanze in Solothurn, 1904, Probst!, 1905, Lüscher!

****Cornucopiae cucullatum*** L. (Griech. Inseln, SW.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!

Phleum subulatum (Savi) A. u. G. (Medit.). — Turnschanze u. Biberiststr. in Solothurn, 1904—6, Probst!, 1905, Binz!, 1905—6 Lüscher

— var. ***ciliatum** (Boiss.) A. u. G. (Hüllspelzen auf dem Kiel bewimpert, oft länger und schmäler als beim Typus, Ährenrispe oft dicker. — O.-Medit.). — Kiesgrube beim Hardplatz Zürich III, 1902, Thellung (= Phl. graecum × subulatum Volkart! in Naegeli und Thellung, Rud.- u. Adventivfl. d. Kt. Zürich [1905], 15); Turnschanze Solothurn, 1906, Lüscher!, Probst! An beiden Orten mit Phl. graecum und subulatum, so dass der Gedanke an einen hybriden Ursprung der fraglichen Form ziemlich nahe lag.[1])

Phleum graecum Boiss. u. Heldr. (O.-Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904—6, Probst!; Buchs, 1906, Schnyder!

Alopecurus pratensis L. ssp. ***ventricosus*** (Pers. pro spec.) Thell. (A. arundinaceus Poir.; A. nigricans Hornem.; A. pratensis × agrestis Brügger! in Jahresber. d. Naturf. Ges. Graub. XXIII, XXIV. (für 1878—80) (1881), 120; *A. turicensis* Brügger! l. c. XXV (1882), 111—2[2]); A. myosuroides × pratensis A. u. G. Syn. II, 140 (1898). — Frankr., N.- u. O.-Eur., W.- u. Zentr.-As., Alger.) var. **exserens** (Griseb.) A. u. G. — Wiese beim Seefeld Zürich, 1848, C. Cramer!; Zürichhorn [sechziger Jahre], Lutz!; Seeufer (Phragmitetum) beim Venedigli in Enge-Zürich, 1866, Brügger! (A. turicensis Brügger!); Au bei Ossingen (Zürich), trockene Riedtwiesen, 1907, H. Freitag-Ossingen!; Kanton Schaffhausen: Wiesen beim Bargamer (?) Hof, beim Schlauch und bei Merishausen, 1861, Schalch!, Schleitheim (gemischt mit A. pratensis!), Vetter!; Kunstwiesen beim Bahnhof Aarburg, 1869, Jäggi!; Wauwyl, 1859, Siegfried!; La Brévine (Neuenburger Jura), 1854, Herb. Favrat!; Sion, 1888, F. O. Wolf!, 1892 Jaccard und Wolf! — Das Vorkommen des A. ventricosus an natürlichen Standorten, wie Seeufern, in schon relativ früher Zeit lässt beinahe die Vermutung aufkommen, dass die Pflanze bei uns als ursprünglich wild zu betrachten sein dürfte, umsomehr, da, wie mir Dr. A. Volkart-Zürich mitteilt, sich unter den von ihm in der Schweizerischen Samenkontrollanstalt untersuchten Mustern von Handelssaat des A. pratensis keine Ährchen von der Form des A. ventricosus vorfanden und auch früher nie solche beob-

[1]) Die Durchsicht eines reichlichen Herbarmaterials von Phl. subulatum (im Herb. Berol.) hat mich gelehrt, dass diese Art im Orient nicht selten etwas in der Richtung gegen Ph. graecum abändert, ohne dass jedoch der Rahmen der Art überschritten würde.

[2]) Es handelt sich um eine auffallend schlankährige Form des A. ventricosus. Brügger hebt richtig einige Unterschiede seiner Pflanze gegenüber A. pratensis hervor, z. B. die kleineren, nur 4 mm langen Ährchen; dass jedoch die Form der Hüllspelzen die von A. agrestis wäre, wie Brügger angibt, trifft keineswegs zu, vielmehr unterscheiden die auswärts gebogenen Spitzen der Hüllspelzen den angeblichen Bastard sehr scharf von den präsumierten Stammarten.

achtet wurden, so dass eine Verschleppung mit Grassamen nicht ohne weiteres anzunehmen ist. — Ausser den oben aufgezählten Vorkommnissen — die Zahl derselben wird sich durch die Durchsicht weiterer Herbarien unschwer vergrössern lassen — traf ich auch Übergangsformen zu A. pratensis, z. B.: Ermatingen, auf Wiesen am See, 1904, und am Grenzbach ob Tägerwilen, auf schweizerischem und deutschem Gebiet, 1907, E. Baumann! (aus diesem Gebiet ist weder reiner A. pratensis noch der echte A. ventricosus bekannt). Der einzige konstante Unterschied zwischen A. pratensis L. und A. ventricosus Pers. besteht in der Form der Hüllspelzen[1]), deren Spitzen bei A. pratensis gerade vorgestreckt, bei A. ventricosus ± stark auswärts gebogen sind; auch dieses Merkmal ist mehr gradueller als prinzipieller Natur und reicht bei dem mir vorliegenden Material zu einer spezifischen Scheidung nicht aus, so dass ich, im Gegensatz zu Ascherson & Graebner, zu der Auffassung des A. ventricosus Pers. als einer Subspezies von A. pratensis L. gedrängt werde, im Gegensatz auch zu Kupffer[2]), der die Ansicht vertritt, die von den Floristen erwähnten Übergangsformen zwischen den zwei genannten Arten seien als an dem mischkörnigen Pollen leicht erkenntliche Hybride und Rückkreuzungen mit den Stammarten zu deuten.

Wie dem auch sei, auf jeden Fall möchte ich die Aufmerksamkeit der schweizerischen Floristen auf diese bisher verkannte Alopecurus-Sippe gelenkt haben, in der Hoffnung, dass weitere Nachforschungen in der Natur und in den Herbarien Beiträge zur Lösung der Frage des Indigenates und der spezifischen Selbständigkeit des A. ventricosus liefern dürften.

Alopecurus utriculatus (L.) Solander (W.-, Zentr.- u. S.-Eur., Kl.-As., Alger.). — Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Polypogon maritimus Willd. (Medit., W.-Eur.; von P. monspeliensis (L.) Desf. wohl nicht spezifisch verschieden). — Frontenex bei Genf: Rome nach Schmidely in Bull. Soc. bot. Genève III (1884), 150; Turnschanze Solothurn (mit P. monspeliensis), 1906, Probst!

Avena sterilis L. (Medit.). — Güterbahnhof Zürich und Umgebung mehrfach, 1902—5, Naegeli!, Thellung; Turnschanze Solothurn, 1906, Lüscher!

---

[1]) Dass die Insertion der Granne zur Unterscheidung unzuverlässig ist, hebt neuerdings Kupffer (Allg. Bot. Zeitschr. XI. (1905), No. 12, S. 199 mit Nachdruck hervor, und kann ich nach meinen eigenen Untersuchungen nur bestätigen.

[2]) Allg. Bot. Zeitschr. XI (1905), No. 12, S. 199 und XII (1906), No. 2, S. 28

Chloris truncata R. Br. (wärmere Gebiete der Alten und Neuen Welt). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn, mit australischer Schafwolle eingeschleppt, 1906—7, Probst!

****Chloris ventricosa*** R. Br. (Austral.). — Mit der vorigen Art. 1906—7, Probst!

Dactyloctenium aegyptium (L.) Richter (D. aegyptiacum Willd.. Kosmopolit der wärmeren Gegenden) var. **radulans** (R. Br.) Hackel **comb. nov.** (Eleusine radulans R. Br., Austral.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907. Probst! (det. Hackel).

* ***Leptochloa chinensis*** (L.) Nees teste Hackel (trop. As., Austral.). — Wie die vorige Art, 1906—7, Probst!

Diplachne fusca (L.) Pal. (trop. Afr., As., Austral.). — Mit der vorigen Art, 1906—7, Probst!; z. T. in einer Var. **lutescens** Probst u. Thell. **var. nov.** (spiculis flavescenti-viridibus), mit gelbgrünen Ährchen.

Eragrostis abyssinica (Jacq.) Link (trop. Afr.). — Sihlkanal Zürich, 1902, Naegeli, Thellung (= „E. cf. tenuiflora Rupr.". Naeg. u. Thell. Rud.- u. Advfl. d. Kt. Zürich [1905], 18).

Eragrostis pilosa (L.) Pal., eine exotische, nicht näher benennbare Form (Hackel): Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

ssp. **Damiensiana** (Bonnet) Thell. **comb. nov.** (E. pilosa α Moritzi) Fl. d. Schweiz (1844), 601 excl. syn. Cav.[1]); E. pilosa var., Cosson et Balansa! Congr. intern. bot. (1867), 117; E. inconspicua hort. Paris. ex Coss. et Bal. l. c. 118 [in syn.]; E. pilosa var. glabra Ducommun Taschenb. f. d. Schweiz. Bot. (1869) 872[2]); E. pilosa var. Damiensiana E. Bonnet! in Soc. Dauph. 1881 n. 3100 [exsicc. sine descr.] et in Le Naturaliste 3e année [1881] No. 52, 15 mai, p. 113—15; E. Damiensiana E. Bonnet ibid. in textu [pro syn.]: E. pilosa var. condensata Hackel! in Allg. bot. Zeitschr. VII [1901], 13 ex exsicc.: Kneucker Gram. exs. IV, 1901, n. 115). Laubblätter völlig kahl (auch an der Scheidenmündung), ebenso die Rispenäste an ihrem Grunde ohne lange Haare; Ährchen kürzer gestielt. der Stiel des vorletzten eines jeden Astes nur etwa 1 mm (statt

[1] Moritzi (l. c.) beschreibt seine Varietät folgendermassen: „*E. pilosa* [illegible] a Mit ganz unbehaarten Blattscheiden. Bei Genf. Poa verticillata Cav.": [illegible] Cavanilles' (Jc. I [1791], 63 t. 93!) ist jedoch typische E. pilosa! Als [illegible] Moritzis Varietät glaube ich die von Ayasse „aux Tranchées" in [illegible] Pflanze betrachten zu dürfen.

[2] [illegible] bezieht sich auf die eben erwähnte Pflanze Moritzis.

mindestens 2) lang; Deckspelze sehr spitz oder fein zugespitzt, mit geraden oder etwas konkaven Seitenrändern (statt stumpf oder spitzlich mit ± deutlich konvexen Rändern); Blüten meist etwas länger und von der Axe mehr abstehend. — Ich sah Exemplare dieser Unterart (ausser den gleich zu erwähnenden, wohl adventiven europäischen Vorkommnissen) aus Ostasien (Japan: Yokohama!; Ussuri!), sowie aus Brasilien (Prov. Rio de Janeiro: Theresopolis!, wo die Pflanze indessen wohl eingeschleppt sein dürfte). — In Europa vertreten durch die var. **condensata** (Hackel) Thell. **comb. nov.** (E. pilosa var. condensata Hackel l. c. sens. strict. ex descr.[1]); E. caroliniana Aschers. & Graebner Syn. II, 374 [1900] saltem ex p., quoad loc. Dresden! et Breslau! et versim. etiam Berlin[2]) — non Scribner): Rispenäste meist zu 1—2, selten 3 (statt 3—5), fast vom Grunde an mit kurzgestielten Ährchen besetzt, Rispe daher viel dichter erscheinend als beim Typus der E. pilosa und bei manchen ostasiatischen Formen der ssp. Damiensiana, wo die Rispenäste meist erst von der Mitte oder vom unteren Drittel an mit mehr locker gestellten Ahrchen besetzt sind. — Diese Varietät war bis jetzt nur als Unkraut in botanischen Gärten[3]) (Paris!, Karlsruhe!, Dresden!, Breslau!, Berlin?) bekannt, was einen exotischen Ursprung vermuten lässt; ich glaube seinerzeit im Berliner Herbar eine ähnliche oder identische Form auch aus Ostasien gesehen zu haben. In mancher Hinsicht (so durch die etwas grösseren Blüten) nähert sie sich der nordamerikanischen E. Purshii (Bernh.) Schrader (E. caroliniana Scribner), für die sie denn auch von manchen deutschen Floristen gehalten worden ist (so gehören die von A. u. G. zu E. caroliniana gezogenen Pflanzen von Dresden und Breslau entschieden zu E. Damiensiana), von der sie sich jedoch, wie der Typus der E. pilosa, durch die sehr ungleichen, zarthäutigen Hüllspelzen und die nur schwach- (nicht stark kantig) vorspringenden Seitennerven der Deckspelzen unterscheidet; des Ferneren weist E. Purshii, wie E. pilosa typica, konvexränderige Deckspelzen auf und ist namentlich durch dieses Merkmal von E.

[1]) Hackel macht (l. c., 1901) bei der Beschreibung seiner Var. hauptsächlich auf den von E. pilosa abweichenden Bau der Rispe, Bonnet dagegen bei der Aufstellung der Var. Damiensiana (1881) auf die kahle Blattscheidenmündung und die Form der Deckspelzen aufmerksam; die Originalexsikkaten beider Varietäten sind jedoch völlig identisch!

[2]) Das Unkraut im alten Berliner botanischen Garten, das ich seinerzeit an Ort und Stelle sah, gehört, soviel ich mich erinnere, ebenfalls zu E. Damiensiana: leider liegt mir jedoch zur Zeit kein Beleg dafür vor.

[3]) Oft zusammen mit Euphorbia maculata L. und humifusa Willd.

Damiensiana relativ leicht zu trennen.[1] — Genève, les Tranchées [nicht sehr weit vom alten botanischen Garten entfernt!], 1866, Ayasse!; Strassenpflaster in Aarau (Buchdruckerei Sauerländer, Laurenzenvorstadt), 1888, Lüscher!; Locarno, bei der Post, 1903, J. Bär!

* ***Eragrostis zeylanica*** Nees u. Meyen det. Hackel (nach Stapf in Hooker Fl. Brit. Ind. nicht verschieden von der indisch-australischen E. elongata [Willd.] Jacq.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

Vulpia ciliata (Danthoine) Link (V. Danthonii [A. u. G.] Volkart; Medit., selten bei Genf) var. **imberbis** (Vis.), Spelzen fast oder völlig kahl. — Ebenda, 1907, Probst!

Bromus macrostachys Desf. (Medit.). — Solothurn bei der Malzfabrik und Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Bromus scoparius L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!, Probst!

Bromus arvensis L. var. **splendens** (Velen.) A. u. G. (SO.-Eur.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!

Bromus unioloides (Willd.) Humb. Bonpl. u. Kunth (S.-Am.). — Ruchfeld bei Basel, 1903, zwischen St. Jakob und „Neue Welt", 1903: Binz, Fl. Basel, 2. Aufl. (1905), 39; Kornhaus am Sihlquai Zürich III, 1907, Thellung.

Lolium temulentum L. var. *macrochaeton* A. Br. subvar. **laeve** Thell. **n. var.**, caule laevissimo (Stengel völlig glatt). — Malzfabrik Solothurn, 1905, Lüscher!; Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!

Lepturus filiformis (Roth) Trin. (Küstenländer von Eur., N.-Afr., SW.-As.). — Güterbahnhof Zürich, 1905, Naegeli!

Agropyrum intermedium (Host) Pal. ssp. *trichophorum* (Link) Volkart (*A. Savignonii* De Not.; SO.-Eur., SW.-As.). — Schmelzi ob Grenchen (Kt. Solothurn), 1906, Lüscher!

Triticum ovatum (L.) Gren. u. Godron (Medit.). — Zuzgen (Kt. Aargau): Lüscher nach Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 41.

— ssp. *triaristatum* (Willd.). — Basel: St. Margrethenstrasse (Bahnlinie), 1902: Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 41.

Triticum cylindricum (Host) Ces. Pass. u. Gib. (SO.-Eur., SW.-As., N.-Afr.). — Ruchfeld bei Basel, 1903: Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 41; St. Margrethenstrasse, 1906, Binz!

— var. **hirsutum** Binz **n. var.** (in litt.): rhachidis articulis et glumis

[1] Ich möchte beinahe behaupten, E. Damiensiana sei von E. pilosa mindestens so scharf geschieden wie E. Purshii, da die zwei letztgenannten Arten oft recht schwer auseinanderzuhalten sind, so dass man an ihrer spezifischen Selbständigkeit zu zweifeln geneigt ist.

ad nervos dense hirsuto-villosis. Glieder der Ährenspindel und Hüllspelzen auf den Nerven dicht behaart. — Basel: St. Margrethenstrasse (Bahnlinie), 1902, Binz!

Triticum speltoides (Tausch) Gren. (SW.-As.). — Jabergbrücke bei Kiesen bei Bern, 1903, Wicki!

Hordeum marinum Hudson 1778 (H. maritimum With.[1]); Medit., W.-Eur.) ssp. **Gussoneanum** (Parl. pro spec.) Thell. (S.-Eur., Ungarn). — Bahnhof Zürich, 1903, Thellung; Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! An beiden Fundorten mit dem Typus der Art, aber später blühend. — Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!; Damm der Verbindungsbahn in Basel, 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Hordeum jubatum L. (N.- u. S.-Am., Sibir.). — Samaden, auf Schutt, 1906, Candrian!

Dracunculus vulgaris Schott (S.-Eur. [schon Tessin], Kl.-As.). — In Weinbergen zwischen Zollikon und Herrliberg (Kt. Zürich): Schinz (mscr.).

Juncus tenuis Willd. (Am.). — Kreis Konstanz: Waldwege bei Markdorf (Gehrenberg) und zwischen Riedheim und Raderach stellenweise zahlreich: Th. Linder in Mitteil. d. Bad. bot. Ver. No. 222/3 (Nov. 1907), 167.

Ornithogalum narbonense L. (Medit.). — Orbe, dans un pré: G. Gaillard 1905 nach Beauverd in Bull. Herb. Boiss. 2. sér. VI (1906), 973; ebenda, 1906, W. Barbey!

Sisyrinchium angustifolium Miller (N.-Am.). — Bellach bei Solothurn (Bahndamm), 1905, Probst!, 1906 Lüscher!

Broussonetia papyrifera (L.) Vent. (China, Japan, malay. Ins.). — Tessin-Korrektionen bei Bellinzona, in Menge verwildert, 1907: Albisetti nach Schröter.

Humulus japonicus Sieb. u. Zucc. (China, Japan). — Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1905, Bucher!, 1907 Thellung.

Rumex domesticus Hartm. (N.-Eur., N.-As., N.-Am.). — Buchs (St. Gallen), auf Schutt, 1907, Schnyder!

****Rumex Brownii*** Campd. (Austral.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst! — Wurde auch schon in Südfrankreich bei Montpellier gefunden.

---

[1]) Bot. Arr. Brit. pl. ed. 2 (1787), 127 (nach freundlicher Mitteilung von Dr. E. Janchen-Wien): nach einer mir gütigst zur Verfügung gestellten Mitteilung von Herrn J. Britten-London an meinen Chef Herrn Prof. Dr. Hans Schinz findet sich diese Art nicht, wie allgemein (auch im Ind. Kew.) angegeben wird, schon in der 1. Auflage von Witherings Bot. Arrangement (1776), 172.

Polygonum Bellardii All. (Medit., O.-Eur., W.-As.). — Berges du Bief d'Ependes près Yverdon (Vaud), 1890, Mœhrlen! (Herb. Vetter); ? Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher! (zu jung!); Bahnhof Zürich, 1905, Naegeli!; Kiesgrube Hardau, Zürich III, 1903, J. Bär!, Bucher!, 1907 Thellung.

* ***Polygonum* cf *equisetiforme*** Sibth. u. Sm. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

* ***Beta* cf. *patula*** Aiton (Madeira). — Bellach (Kt. Solothurn) auf Schutt, 1907, Probst! (zu wenig entwickelt).

Chenopodium hircinum Schrader (S.-Am.). — Ruchfeld bei Basel, 1902—6: Binz.

Chenopodium carinatum R. Br. teste Murr. (Austral., Polynes.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Lüscher!

Atriplex tataricum L. (A. laciniatum auct. mult. non L.; Medit., W.-As.) — Basel: zwischen St. Jakob u. „Neue Welt", 1905, Binz!

— var. **decipiens** Murr! in Zimmermann, Adventiv- u. Ruderalflora v. Mannheim (1907), 79 (Laubblätter länglich-lanzettlich bis lanzettlich, fast ganzrandig). — Schuttablage bei St. Jakob (Basel), 1905, E. Suter! (Herb. Lüscher).

Salsola Kali L. (kosmopolitische Küstenpflanze der gemässigten Zonen), var. *tenuifolia* Rchb. (*S. Tragus* L.; Binnenlandsform). — Maggimühle in Zürich III, 1906, Werndli!; Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn, 1907, Probst!

Kochia scoparia (L.) Schrader (O.-Eur., W.-As.). — Ruchfeld bei Basel, 1902—3, zwischen St. Jakob und „Neue Welt", 1903: Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 106.

Amarantus retroflexus L. (trop. Amer.; eingebürgert in N.-Am., Europa etc.), var. **Delilei** (Richter et Loret pro spec.) Thell. (als Heimat dieser Varietät wird das Mittelmeergebiet angegeben; doch dürfte sie im ganzen Verbreitungsgebiet der Art vorkommen[1]) und ursprünglich gleichfalls aus Amerika stammen). Unterscheidet sich vom Typus durch die kürzeren, schwächer dornigen Vorblätter, deren längste meist 3—4 (statt 4—6) mm lang sind und die Blüten nur wenig (statt ums Doppelte) überragen. — Genf, 1873, Ayasse!; Bern in einem Gazon, 1879, v. Tavel!; Belvoir bei Zürich und Maggimühle am Sihlquai, 1907, Thellung; Langendorf (Solothurn) in einem Hühnergarten, 1907, Probst! — Angenähert auch: Güterbahnhof und Hardplatz in Zürich III, 1906, Thellung.

---

[1]) Ich sah die Varietät aus Frankreich, Griechenland, Algier; ferner aus Deutschland (Baden!, Thüringen, Sachsen, Schlesien, Berlin) und Schweden.

Amarantus chlorostachys Willd. (Trop. Amer.; eingebürgert im Mittelmeergebiet).

— var. **pseudo-retroflexus** Thell. **n. var.**, spicis crassioribus et brevioribus (terminali lateralibus haud multo longiore), bracteis robustioribus (inde habitu ad *A. retroflexum* L. accedens, a quo semper differt forma tepalorum et caule minus piloso). Scheinähren dicker und kürzer als beim Typus (die endständige nicht viel länger als die seitlichen), Vorblätter kräftiger; dadurch habituell dem A. retroflexus L. genähert, von dem sich meine Varietät noch immer durch die Form der ♀ Tepalen (eiförmig-lanzettlich, spitzlich) und durch weniger stark behaarten Stengel unterscheidet. — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn, 1907, Probst! — [Strassburg, Heleneninsel, 1903, A. Ludwig!].

Amarantus blitoides S. Watson (N.-Am.). — Güterbahnhof Zürich III, 1905, O. Naegeli!

Amarantus deflexus L. (A. prostratus Balbis; Medit., ursprünglich vielleicht trop. Amer.). — Neuer Standort: Basel, St. Margrethenstrasse (Bahnlinie), 1904, Binz!

****Amarantus macrocarpus*** Bentham (Austral.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

Amarantus crispus (Lespinasse u. Théveneau) Terracc. (Euxolus crispus Lesp. u. Thév.!; Amarantus cristulatus Spegazzini. Wurde um die Mitte des letzten Jahrhunderts adventiv in Südfrankreich [Montpellier, Agde], ferner in Italien und Nordamerika gefunden; als Heimat hat sich jetzt Argentinien erwiesen). — Basel, Bundesbahnhof, 1901—5, Binz!

****Amarantus vulgatissimus*** Spegazzini Nov. Addenda ad Fl. Patagon. III in Ann. Mus. nac. Buenos Aires VII (April 1902), 135 (steht der vorigen Art nahe und stammt gleichfalls aus Argentinien; unterscheidet sich durch die robustere Ausbildung aller Teile, grössere, kaum krause Laubblätter, meist zu einer endständigen Scheinähre zusammengedrängte obere Blütenknäuel, namentlich aber durch die Form der ♀ Perigonblätter, die deutlich benagelt sind, mit rundlich verkehrteiförmiger [fast 1 mm breiter], abstehender, in den Nagel plötzlich zusammengezogener Platte, während bei A. crispus die ♀ Perigonblätter länglich spatelig [oberwärts ca. 3/5 mm breit] und auch an der Spitze aufrecht sind). — Kreuzlingen, 1904, E. Baumann! — Die Pflanze wurde auch in Deutschland (Mannheim) adventiv gefunden.

****Gomphrena globosa*** L. (Wärmere Zonen der ganzen Erde, oft kultiviert; ursprünglich heimisch wohl im trop. Am., nach anderen

jedoch in O.-Indien; Zierpflanze). — Locarno, an der Strasse von Madonna del Sasso nach Contra in einem Steinbruch, 1907, Fr. Zimmermann-Mannheim!

Claytonia perfoliata Donn (N.-Am., W.-Indien). — In einem Rebberg auf der Insel Mainau, mit Pferdezahnmais aus Virginien 1892 eingeschleppt: Ries nach Jack in Mitteil. Bad. Bot. Ver. No. 141 (1896), 363; „ob noch zu finden?“ Jack, Fl. Bad. Kr. Konstanz (1901), 53. „Die Pflanze ist sehr bald wieder gänzlich verschwunden, so dass man sie getrost aus der Flora streichen kann“: Oberhofgärtner Nohl nach E. Baumann briefl. (X. 1907).

Silene conica L. (Medit., W.- u. O.-Eur., W.-Sibir.). — Am neuen Damm der Bötzbergbahn ob Brugg, 1905: P. Arbenz (briefl.); Basel, Eisenbahndamm zwischen St. Jakob und „Neue Welt“, 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Silene cretica L. (Medit.; ursprünglich heimisch wohl nur im Orient). — Bahnhof Buchs, 1905, Schnyder!; Solothurn, südlich der Vorstadt, 1906—7, Probst!

Silene pendula L. (Portugal [spontan?], Ital., Kreta, Cypern, Kl. As.; Zierpflanze). — Basel, Rheinböschung unterhalb der Gasfabrik, 1907, H. Schnitter! (Herb. Binz).

Silene hirsuta Lag. (Span., Portug., Marokko). — Solothurn, südlich der Vorstadt, 1906, Probst!

****Silene portensis*** L. (SW.-Eur.). Ruchfeld bei Basel, 1902, Binz!

****Dianthus Cyri*** Fischer u. Meyer (Ägypt., SW.-As.). — Solothurn, Schutt in der Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Moenchia mantica (L.) Bartl. f. cœrulea (Boiss.) E. Janchen in Mitteil. d. Naturw. Ver. a. d. Univ. Wien V (1907) No. 5, 59 (Krone flachsblau; die Spielart bisher bekannt aus Kleinasien und Steiermark). — Bahnhof St. Margrethen (St. Galler Rheintal), 1907, Sulger-Buel!

****Nigella hispanica*** L. (Spanien, S.-Frankreich, Algier), ssp. gallica Jordan) Rouy u. Fouc. (N. hispanica γ. parviflora Coss.; Span., S.-Frankr.). — Grenchen bei Solothurn, Unkraut unter Sommerflor, 1905, Lüscher!

Clematis Flammula L. (Medit.). — Verwildert bei Genf (Chambésy): Schmidely in Bull. Soc. bot. Genève III (1884), 82.

Ranunculus[1]) cf. ***trilobus*** Desf. (Mediterrane Ssp. von R. sardous Crantz). — Turnschanze Solothurn, 1904, ein kümmerliches Exemplar. Lüscher!

[1] „*Ranunculus parviflorus*“, von Probst (Beitr. Fl. Soloth. [1904], 33) von Solothurn angegeben, ist R. sardous Crantz: *R. parviflorus* L. ist also bis auf weiteres aus der Adventivflora der Schweiz zu streichen.

Hypecoum procumbens L. (Medit.) ssp. **aequilobum** (Viv.) Rouy u. Fouc. (H. grandiflorum Bentham; S.-Eur., SW.-As.). — Basel, an der Verbindungsbahn (Hardstrasse-Gellertstrasse), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

****Papaver Heldreichii*** Boiss. (Kl. As.). — Verschleppt am Salève ob Veyrier, 1904, J. Bär!

Fumaria Kraliki Jordan (F. anatolica Boiss.; SO.-Eur., SW.-As.). — Adventiv im botan. Garten Zürich, 1907, Thellung.

Fumaria densiflora DC. (F. micrantha Lag.; Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!

Lepidium Draba L. (Medit., W.-As.) var. **matritense** (Pau) Thell. in Neue Denkschr. d. Schweiz. Ges. f. Naturw. XLI (1906), 87 (Stengelblätter schmäler, spitz, wie die ganze Pflanze fast kahl; so z. B. in Spanien). — Turnschanze Solothurn, 1905—6, Probst!, 1905, Binz!

Lepidium heterophyllum (DC.) Bentham (SW.-Eur). — Auf einer Gartenmauer beim alten Dolder in Zürich V, 1907, Thellung.

Lepidium perfoliatum L. (SO.-Eur., SW.-As.; Span., ob spontan?). — Schutt bei St. Moritz (Engadin) 1905: M. Candrian briefl. (XI. 1907).

Lepidium virginicum L. (N.-Am.) ssp. *eu-virginicum* Thell. in Vierteljahrsschr. d. Zürch. naturf. Ges. LI (1906), 163.

— var. **sublateriflorum** Thell. **n. var.**, racemus terminalis ramo axillari, in ipsius caulis directione sito, longissime superatus et inde in parte inferiore plantae situs et quasi folio oppositus; rami principales saepi basi eodem modo ramosi. — Der ursprünglich endständige Blütenstand von einem achselständigen Ast, der die Scheinfortsetzung des Stengels bildet, weit überragt und dadurch im untern Teil der Pflanze gelegen und scheinbar blattgegenständig; bei üppig entwickelten Exemplaren zeigen auch die grössten Äste an ihrem Grunde die gleiche Art der Verzweigung, während sie oberwärts den normalen Verzweigungstypus der ssp. eu-virginicum (endständiger Blütenstand ± in der Fortsetzung des Astes bleibend, von den axillären Ästchen bezw. Blütenständen nicht oder nur wenig überragt) aufweisen. — Güterbahnhof Zürich III, mehrere Exemplare, 1907, Thellung.

Lepidium densiflorum Schrader (L. apetalum auct. non Willd.; N.-Am.). — Noch unpublizierte Funde: Monbijou bei Bern, 1899, Lüscher!; Bahndamm Celerina-Samaden und Beverstal, 1905, Branger! — Über die sonstigen adventiven Vorkommnisse dieser Art vergl.: Ascherson in Verhandl. Bot. Ver. Brandenb. XXXIII (1891), 108 seq.; Thellung in Bull. Herb. Boiss. 2. sér. IV (1904),

696 seq. et in Neue Denkschr. d. Schweiz. Ges. f. Naturw. XLI (1906), 234, sowie **Naegeli** u. **Thellung**, Ruderal- u. Adventivfl. d. Kt. Zürich (1905), 39.

******Lepidium hyssopifolium*** Desv., DC.; Thellung Monogr. Lepid. (1906), 304 (Austral.), var. **integerrimum** Thell. **n. var.**, foliis caulinis omnibus integerrimis. Alle Stengelblätter völlig ganzrandig. — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

Sisymbrium Loeselii L. (Span., O.-Eur., W.-As.). — Bahnhof Sitten, 1903, Thellung; zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1906: Binz.

Sisymbrium orientale L. (S. Columnae Jacq.; Medit.). — Wald zwischen Pontresina und der Alp Languard, 1905, Branger!; Solothurn in den letzten Jahren mehrfach, Lüscher!, Probst!; Basel an der Verbindungsbahn, 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Sisymbrium orientale L. var. **subhastatum** (Willd.) Thell. in Zimmermann, Adventiv- und Ruderalfl. Mannheim (1907), 96 (Brassica subhastata Willd.!). Obere Stengelblätter (bis ziemlich tief herab) lanzettlich, ohne Spiessöhrchen; Pflanze fast kahl. — Z. B.: Güterbahnhof Zürich, 1902, O. Naegeli!

Erucaria myagroides (L.) Halácsy (E. aleppica Gaertner; Span., Griech., SW.-As.). — Hardplatz in Zürich III, 1903, Thellung (ein blühendes Exemplar, in der Ruderal- u. Adventivfl. d. Kt. Zürich [1905], 41 irrig als *Cakile maritima* publiziert; diese letztere Art ist somit aus der Schweizerflora zu streichen).

Myagrum perfoliatum L. (S.- u. Zentr.-Eur. [oft advent.], W.-As.). — Seestrasse bei St. Moritz, 1905, Branger!

Diplotaxis erucoides (L.) DC. (Medit.). — Bern, Areal des abgebrochenen Zuchthauses, 1900, Lüscher!

Brassica incana (L.) Döll (Erucastrum Koch; Medit., W.-Eur.) var. *geniculata* (Desf.) Thell. (Erucastrum incanum var. geniculatum Cosson; süd- und ostmediterrane Varietät mit längerem, mit den Fruchtklappen einen Winkel bildendem Fruchtschnabel). — Biberiststrasse Solothurn, 1904, Lüscher!; Belvoir Zürich II, 1907, Thellung.

Brassica armoracioides Czern. (S.-Russl., SW.-Asien). — Turnschanze Solothurn, 1905—6, Lüscher!, Probst (briefl.); am Weg von Grenchen (Solothurn) auf den Grenchenberg (900 m), 1906: Probst (briefl.); Getreidelagerhäuser in Brunnen, 1907, Thellung.

Rapistrum rugosum (L.) Bergeret 1784, All. 1785 (S.- u. Zentr.-Eur., N.-Afr., W.-As.). — Für diese polymorphe Art schlage ich in Anlehnung an Rouy u. Foucaud folgende Gliederung vor:

ssp. I. **eu-rugosum** Thell. (R. rugosum α. rugosum Cosson Comp. fl. Atl.). Fruchtstiel ziemlich kurz und dick, so lang bis 1½ mal so lang als das untere Glied der Frucht; oberes Glied eiförmig, bei der Reife tief längsgefurcht, in den längeren, fädlichen Griffel verschmälert. — Im grössten Teil des Verbreitungsgebietes der Art, doch aus Algerien nicht erwähnt.

— var. α. **typicum** Thell. Untere Laubblätter leierförmig, mittlere und obere Stengelblätter ungeteilt, nur ± gezähnt oder schwach gelappt. Krone lebhaft hellgelb oder (subvar. **pallidiflorum** Thell., floribus albidis, z. B. Freiburg i. B.!) weisslichgelb. Frucht steifhaarig (subvar. **scabrum** [Host pro spec.] Rouy u. Fouc. Fl. France II [1895], 72 [pro var.]) oder kahl (subvar. **glabrum** [Host pro spec.] Rouy u. Fouc. [pro var.]; vergl. auch Koch Syn. ed. 2, I [1843], 83). — Die subvar. *glabrum* besonders in südlichen Gebieten, bei uns wohl nur adventiv, z. B.: beim Chemiegebäude (Länggassequartier) Bern, 1897, Biberiststrasse Solothurn, 1904, Lüscher!; Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

— var. β. **nemausense** Roux ex Cabanès in Bull. Soc. étud. sc. nat. Nîmes n. sér. XXX. 1902 (nov. 1903), 57 .cum ic.! Laubblätter tief fiederlappig, mit breiten, abgerundeten Buchten und entfernten, unter sich ziemlich gleich grossen, buchtig gezähnten Lappen und schmaler, deutlicher Spindel. — Heimisch z. B. in Südfrankreich (Nîmes, Montpellier!); bei uns adventiv: dans une jeune luzernière à Lavigny près Aubonne (Vaud), 1878, Vetter! — Angenähert auch: Wohlen (Aargau), auf einem Bauplatz beim Bahnhof, 1888, Fischer! (Herb. Lüscher).

ssp. II. **orientale** (L.) Rouy u. Fouc. l. c. 74 (R. orientale DC.; R. rugosum var. orientale Cosson). Fruchtstiel oft schlanker, 1½—3 mal so lang als das ziemlich dünne untere Glied der Frucht; oberes dick, breit eiförmig bis kugelig, bei der Reife meist tief längsgefurcht und höckerig, plötzlich in den kürzeren Griffel zusammengezogen, kahl oder (subvar. **hispidum** [Godron! pro spec.] Cosson Comp. fl. Atl.) rauhhaarig. — Mediterrangebiet. — Gliederung nach Rouy u. Fouc. (sehr schwache Varietäten!):

— α. **microcarpum** Rouy u. Fouc., oberes Glied der Frucht klein, 1—1½ mm im Durchmesser.

— β. **genuinum** Rouy u. Fouc., oberes Glied mittelgross, 2—2½ mm dick.

— γ. **macrocarpum** Rouy u. Fouc., oberes Glied gross, 2½—3 mm dick. Neue Funde in der Schweiz (var. *genuinum* oder *macrocarpum* in der fahlfrüchtigen Form): Bolligenstrasse bei Bern, an der Bahnlinie nach Thun, 1899, Lüscher!; Ruchfeld bei Basel, 1903—6:

Binz; Ischern bei Solothurn, 1904, Lüscher!, Probst!; Langendorf (Solothurn), aus Hühnerfutter von der Malzfabrik, 1907, Probst!; Belvoir Zürich II, 1907, Thellung. — Übergangsform zur ssp. *hispanicum:* Turnschanze und Malzfabrik Solothurn, 1904, Probst!

ssp. III. **hispanicum** (L.) Thell. **comb. nov.** (Myagrum hispanicum L. 1753; Rapistrum hispanicum Boiss. et Reuter 1842, non Medikus 1792, quod = Crambe hispanica L. 1753; Rapistrum Linnaeanum Boiss. et Reuter 1842; R. rugosum β Linnaeanum Cosson; R. rugosum ssp. R. Linnaeanum Rouy u. Fouc.). Fruchtstiel schlank, 2—4 mal so lang als das meist dünne untere Glied der Frucht; oberes klein, eiförmig, bei der Reife ziemlich glatt, meist allmählich in den etwas kürzeren bis etwas längeren Griffel verschmälert, kahl (subvar. **glabrum** [Cariot] Thell. = R. Linnaeanum α glabrum Cariot ex Rouy u. Fouc. l. c. 73) oder steifhaarig (subvar. **hirsutum** [Cariot] Thell. = R. Linn. β hirsutum Cariot l. c.). — S.-Europa, NW.-Afrika.

— var. β. **microcarpum** (Jordan) Thell. (R. microcarpum Jordan; R. rugosum β Linn. s.-var. microcarpum Cosson; R. Linnaeanum „forme R. microcarpum Jord. [pro spec.]" Rouy u. Fouc.). Fruchtstiel besonders schlank und verlängert, Frucht beträchtlich kleiner als bei der Ssp. eu-rugosum, ihr unteres Glied stielförmig.

Neue Funde der ssp. *hispanicum* (meist var. *microcarpum* subvar. *glabrum*): ? Schwanenpromenade Bern, 1894, Dutoit! in Herb. Lüscher (zur sichern Bestimmung zu jung); Turnschanze und Malzfabrik Solothurn, 1904, Probst!, 1905, Binz!, 1906, Lüscher!; Val Calanca: Grono, adventiv: E. Steiger in Verh. Naturf. Ges. Basel XVIII (1906), 305; Belvoir Zürich II, 1907, Thellung; Niederwil bei Solothurn (Kartoffelacker), 1907, Probst!; subvar. *hirsutum*: Belvoir Zürich II, 1907, Thellung.

Roripa austriaca (Crantz) Besser (Nasturtium Crantz; O.-Eur., SW.-As.; ob spezifisch verschieden von R. amphibia [L.] Besser?). — Villeneuve, ca. 80er Jahre, Vetter! (als N. amphibium, zusammen mit einem Exemplar dieser Art); Bahnhof Romanshorn, 1890, O. Naegeli!

Aubrietia deltoides (L.) DC. (S.-Ital., Griech., Kl.-As.). — Bei einer Villa am Fussweg Jogny-Granges (Waadt), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Erysimum repandum L. (Span., N.-Afr., SO.-Eur., W.-As.). — Thusis, 1903, Thellung; St. Moritz und Samaden, 1905, Branger!; Bahnhof Buchs, 1907, Schnyder!; Solothurn, 1907, Probst!;

Basel, Verbindungsbahn (Hardstrasse-Gellertstrasse), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

— var. (?) **gracilipes** Thell. n. var., pedicellis fructiferis quam in typo gracilioribus (crassitie sua sub-5-plo longioribus), siliquis minus angulosis, valde torulosis. Fruchtstiele schlanker als beim Typus, ca. 5 mal so lang als dick; Frucht weniger deutlich vierkantig, mehr dünnwandig, daher stark gebuckelt. Die Frucht stimmt in der Behaarung, der Länge des Griffels und der Form der Narbe völlig mit E. repandum überein; leider fehlen jedoch die Blüten, so dass die Bestimmung doch nicht so ganz sichergestellt ist. — Kunstmühle Bärtschi in Solothurn, mit dem Typus, 1907, Probst!

Alyssum campestre L. (Medit.). — Solothurn, westlich der Malzfabrik, 1906, Lüscher!

Bunias orientalis L. (S.-Russland bis Armen. u. Sibir.). — In einer Wiese ob Samaden mehrfach: M. Candrian briefl. (XI. 1907).

Chorispora tenella (Pallas) DC. (S.-Russl., SW.-As.). — Rheinufer bei Augst, etwas unterhalb der Ergolzmündung, 1906: Binz; Diessenhofen, bei der Laag, 1907, H. Brunner!

Conringia austriaca (Jacq.) Sweet (Erysimum Roth; SO.-Eur., Kl.-As., Kauk.). — Solothurn, Schutt südlich der Vorstadt, 1907, Probst!, Lüscher!

Reseda lutea L. var. **longifolia** Ten. Syll. fl. Neap. 1830 (var. stricta Müller-Arg. 1857, var. mucronata [Tineo 1827 pro spec.] Fiori u. Paoletti 1898; Medit.). Stengel und Äste ± aufrecht, verlängert; Zipfel der Laubblätter schmal, lang ausgezogen, zugespitzt-stachelspitzig; Blütenstände schmal, Blüten kleiner, Frucht tiefer dreizähnig als beim Typus. — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!, 1905 Binz!, Lüscher!; Getreidelagerhäuser in Brunnen[1]), 1907, Güterbahnhof Zürich III, 1907, Thellung; Kiesgrube im Hard Zürich III, 1907, Bucher!

---

[1]) An dieser gleichen Lokalität und in ihrer Umgebung sammelte ich 1907 auch die folgenden, von Rhiner in seinem „Prodrom der Waldstätter Gefässpflanzen" (1870) für Schwyz noch nicht erwähnten Arten: Bromus arvensis L., B. japonicus Thunb., Silene dichotoma Ehrh. (Seeufer), Vaccaria pyramidata Medik. var. **grandiflora** (Fischer) Celak. (aus der Schweiz noch nicht angegeben, kommt aber in W., T. u. Gr. häufig vor, ferner in der Nordschweiz, z. B. um Zürich, hin und wieder adventiv auf Ruderalstellen), Lepidium Draba L., L. virginicum L. (Seeufer), Sisymbrium orientale L., S. altissimum L. (S. Sinapistrum Crantz), S. Sophia L., Rapistrum perenne (L.) Bergeret, Conringia orientalis (L.) Dumort., Alyssum Alyssoides L. (A. calycinum L.), Berteroa incana (L.) DC., Bunias orientalis L., Trifolium hybridum L. vers. ssp. elegans (Savi), Vicia villosa Roth, Caucalis daucoides L., Salvia silvestris L., S. verticillata L., Galium parisiense L. (1902 auch im Bahnhof Flüelen), G. tricorne Stokes, Anthemis ruthenica M. Bieb., Achillea nobilis L., A. setacea W. K., Chrysanthemum inodorum L.

Sarracenia cf. ***psittacina*** Michx. (N.-Am.). — „In einem Torfmoos der bernischen Freiberge am 17. Juli 1904 entdeckt; aus Nordamerika. Eingepflanzt? Glacialrelikt?“: Lüscher, Nachtr. Fl. Soloth. (1904), 3. Zweifellos angepflanzt! Vergl. auch: Arch. Fl. Jurass. No. 52 (1905), 92, wo „S. purpurea L. (oder psittacina Michx.?)“ aus dem Berner Jura (Torfmoor von Fuet zwischen Tavannes u. Bellelay) angegeben wird, und ebenda No. 58/9 (1905), 150, wo diese Standortsangabe von Lüscher dementiert wird.

Sedum spurium M. Bieb. (Kaukas.). — Solothurn, Kiesgrube beim Spitalhof, verwildert, 1903, Probst!

Sedum oppositifolium Sims 1816 (ob spezifisch verschieden von S. spurium M. Bieb. 1808?[1]) — Kaukas., Pers.). — Romenschwanden bei St. Margrethen (St. Galler Rheintal), in Reben eingebürgert, 1906, Sulger-Buel!; Solothurn, Schutt bei der Schalenfabrik Marti (Gartenflüchtling), 1907, Probst!

Sedum hispanicum L. var. *bithynicum* (Boiss.) Schinz u. Keller (Zierpflanze aus Kl.-As.). — Langendorf (Solothurn), ausserhalb eines Gartens verwildert, 1906, Probst!; Walenstadt, Strassenrand bei einem Garten, 1907, Hans R. Schinz!

*****Saxifraga Cymbalaria*** L. (Zierpfl. aus SW.-As.). — Stäfa, am Bach oberhalb der Station verwildert, 1906—7, J. Weber!

*****Saxifraga Huetiana*** Boiss. (wohl Var. von S. Cymbalaria L.; Kl. As., Armen.). — St. Imier (Berner Jura), auf verlassenem Gartenland verwildert, 1906, Ch. Linder!

Saxifraga canaliculata Boiss. u. Reuter (Spanien). — In Friedhöfen etc. als Beeteinfassung kultiviert und zuweilen halbverwildert.

Saxifraga caespitosa L. ssp. **rosacea** (Mönch 1794 pro spec.) Thell. (S. decipiens Ehrh. 1790 sine descr.!; S. caespitosa ssp. decipiens Rouy u. Camus; Mitteleur. von NO.-Frankr. bis Österr.). — In Kirchhöfen angepflanzt und zuweilen halb verwildert. Eingebürgert in den Vogesen: Herrenfluch, Kirschleger; Hartmannsweiler Kopf, Rossberg: Issler nach Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 155.

Saxifraga umbrosa L. (W.-Eur.). — Vogesen: Sulzer Belchen, eingebürgert: Binz, Fl. Basel ed. 2 (1905), 155.

Saxifraga Geum L. (W.-Eur.) var. **dentata** Link (S. hirsuta L.; Span., Irland). — Vogesen: Hohneck, eingebürgert: Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 155.

---

[1]) Im botan. Garten Zürich finden sich Übergänge zwischen S. spurium und S. oppositifolium, die allerdings möglicherweise hybriden Ursprungs sind.

Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. (Spiraea L.; N.-Am.). — Kiesgrube Hardau Zürich III, 1907, J. Bär!

Basilima sorbifolia (L.) Raf. (Spiraea L.; Sibir.). — Lugano, Cassarinoschlucht gegen Sorengo, 1905, Schwingruber!

Potentilla norvegica L. (N.-Eur., W.- u. N.-As., N.-Am.). — Schutt beim Kurhaus St. Moritz, 1905, Branger!

Potentilla intermedia L. (Russl.) — Mönchenstein bei Basel, zwischen 1900 und 1904: E. Suter nach Binz mscr.; am rechten Rheinufer unterhalb der Johanniterbrücke, 1895: Gustav Müller nach Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 171.

— var. **ternata** Thell. **n. var.**, foliis caulinis fere omnibus trifoliolatis (Stengelblätter fast sämtlich dreizählig; von P. norvegica durch das charakteristische Indument noch immer leicht zu unterscheiden). — Getreidelagerhäuser in Brunnen, 1907, Thellung.

Gleditschia triacanthos L. (mittl. u. südl. N.-Am.). — Im südlichen Tessin zuweilen verwildert, z. B. zwischen Gordola und Magadino, 1903, J. Bär!

Lupinus albus L. (Medit., oft kult.; einheimisch vielleicht nur im östl. Teil; trop. Afr.). — Solothurner Malzfabrik, 1905, Lüscher!

Trigonella Foenum graecum L. (W.-Asien; kult. u. verwildert im Mediterrangebiet u. in Zentr.-Eur.). — An der Thièle (Neuenburg), 1887, A. Rüedi!; Solothurner Malzfabrik, 1904, Lüscher! Nachtr. Fl. Solothurn (1904), 5; Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!, 1906 Probst!; Ruchfeld bei Basel, 1902: Binz, Fl. Basel, ed. 2 (1905), 202; Lugano, in Wiesen gegen Cadepiano, von Anpflanzung herrührend, 1906, Schwingruber!

Trigonella cœrulea (L.) Ser. (angeblich wild in Ungarn, Russland, Kaukas.). — Ilgenstrasse Zürich V, 1898, R. Hess! Die Exemplare neigen, wie dies bei auf magerm Boden verwilderten Pflanzen oft der Fall ist, in einigen Merkmalen zu der Wildform: ssp. *procumbens* (Besser) (= Tr. Besseriana Ser.; SO.-Eur., Kaukas., Kl.As.).

Medicago orbicularis (L.) All. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!, 1905 Lüscher!

Medicago litoralis Rohde[1]) (Medit.). — Hardplatz Zürich III, 1902, Thellung (ad M. obscuram Retz. vergens, det. Urban); ? Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher! (zu jung).

— var. **breviseta** DC. — Malzfabrik Solothurn, 1907, Probst!

---

[1]) Die von Naegeli u. Thellung, Ruderal- u. Adventivfl. Kt. Zürich (1905), 49 von Zürich angegebene „Var. cilindracea (DC.) Urb." ist zu streichen (Verwechslung mit M. globosa).

Medicago tuberculata Willd. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!; Solothurn beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Medicago Murex Willd. (Medit.) ssp. **inermis** Guss. var. **Sorrentini** (Tineo). — Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!

Medicago aculeata Gärtner (M. turbinata [L.] Willd.; Medit.). — var. **typica** Thell. (M. turbinata var. aculeata Moris). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!, 1906 Probst!

— var. **olivaeformis** (Guss. pro spec.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!, 1906 Probst!

Medicago rigidula Desr. (Medit.). — Hardplatz Zürich III, 1903, Thellung (det. Urban).

— var. **agrestis** (Ten.) Burnat. — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!

Medicago truncatula Gärtner (Medit.). — Hardplatz Zürich III, 1902, Thellung (det. Urban).

— var. **longeaculeata** Urban. — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!

Medicago globosa Presl det. Urban (M. constricta Durieu; Sizil. [?], Rhodos, Kl.-As., Syr.). — Hardplatz Zürich III, 1904, Thellung (= „M. litoralis var. cilindracea" Naegeli u. Thellung, Ruderal- u. Adventivfl. Kt. Zürich [1905] 49).

Medicago praecox DC. (S.-Eur., von Spanien bis zur Krim.) — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische [!] Schafwolle), 1907, Probst!

Medicago hispida Gärtner, Urban (Medit.). Von dieser veränderlichen Art werden folgenden Varietäten unterschieden:

— var. α. **confinis** (Koch) Burnat, Dornen der Frucht auf kurze, stumpfe Knötchen reduziert, die nicht länger als breit sind. — Bei uns selten, z. B.: Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!

— var. β. **apiculata** (Willd.) Burnat, Dornen so lang wie die Dicke einer Windung bis 1/3 so lang als der Radius derselben. — Ziemlich häufig.

— var. γ. **denticulata** (Willd.) Burnat, Dornen so lang oder länger als die halbe Breite der Frucht, Durchmesser einer Windung 4—6 mm. — Bei uns wohl die häufigste Form.

— var. δ. **lappacea** (Desr.) Burnat, Dornen wie bei der vorigen Var., aber Frucht grösser (Durchmesser [ohne Dornen] 7—10 mm), oft mit zahlreicheren (bis zu 4) Windungen. Blütenstandstiel oft nur zwei- bis dreiblütig, Blütenstiele kürzer als die Kelchröhre. — Z. B.: Solothurn, 1906, Lüscher! (Wohl oft mit der Var. *denticulata* verwechselt).

— var. ε. **nigra** (Willd.) Burnat, von der vorigen Var. durch noch zahlreichere (4—6) Windungen der Frucht verschieden. — Im Gebiet noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

Medicago minima (L.) Bartal. var. **recta** (Desf.) Burnat (M. polymorpha var. recta Desf., M. recta Willd., M. minima var. longiseta DC.; südliche Varietät, in der Schweiz nicht einheimisch), Dornen der Frucht verlängert, + so lang wie der Durchmesser einer mittleren Windung, stark gefurcht. — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn, 1907, Probst!

Medicago laciniata (L.) Miller (N.- u. S.-Afr., SW.-As., adv. in S.-Eur.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische [!] Schafwolle), 1907, Probst!

— var. **integrifolia** Godron. — Ebenso, 1907, Probst!

Melilotus[1] *officinalis* (L.) Lam. var. **micranthus** O. E. Schulz (Ungarn, S.-Russl., W.-As.). — Blüten nur 4—4,5 mm lang. — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

Melilotus italicus (L.) Lam. (Medit.). — Tirano im Veltlin: Massara Prodr. nach Brockmann, Fl. Puschlav (1907), 161.

Melilotus sulcatus Desf. (Medit.).

— var. *genuinus* Gren. et Godron. — Turnschanze Solothurn, 1904, Lüscher!, Probst!

Melilotus sulcatus Desf. var. **segetalis** (Brot.) Rouy (approx.). — Ebenda 1904, und auf Schutt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Melilotus messanensis (L.) All. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!, 1905 Lüscher!

Trifolium resupinatum L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! 1905 Lüscher!; Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!; Samaden, 1905, Branger!; Belvoir Zürich II, 1907, Thellung; Güterbahnhof Zürich III seit 1902 alle Jahre (auch 1907!), aber spärlich, Thellung.

— var. **majus** Boiss. (T. suaveolens Willd.; vorzugsweise osteuropäisch-westasiatische Var.). Stengel kräftiger. Blüten bedeutend grösser (6—8 mm). — Angenähert: Basel an der Verbindungsbahn (Hardstrasse-Gellertstrasse), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

* ***Trifolium spumosum*** L. (Medit.). Turnschanze Solothurn, 1905, und Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Trifolium xerocephalum Fenzl (Rhodos, Kl.-As., Syr.). — Solothurn, Vorstadt auf Schutt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

---

[1]) „*Melilotus gracilis* DC.“ von Probst [illegible] 1904, 24 [illegible] der Turnschanze aufgeführt [illegible] *M. officinalis* (L.) Lam. [illegible] *M.* [illegible] Ten. (= M. gracilis DC.), also für die Schweizer Adventivflora [illegible]

Trifolium subterraneum L. (Medit., W.-Eur.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!, Probst!

* ***Trifolium radicosum*** Wahlenb. 1828 (T. nidificum Griseb. 1843; S.-Balkan, Kl.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1904, 1907, Probst!, 1905 Lüscher!

Trifolium Cherleri L. (Medit.). — Ebenda, 1904, Probst!

Trifolium hirtum All. (Medit.). — Ebenda, 1905, Lüscher!

Trifolium diffusum Ehrh. (S.- u. SO.-Eur., Kaukas., Kl.-As.). — Maggimühle in Zürich III und Kiesgrube im Hard, 1906, Werndli!

Trifolium pallidum W. K. (O.-Medit., O.-Eur., Alger.). — Turnschanze Solothurn, 1904—05, Probst!, 1905 Binz!, Lüscher!

Trifolium lappaceum L. (Medit.). — Ebenda, 1904—05, Probst!, 1905 Lüscher!

Trifolium stellatum L. (Medit.). — Ebenda, 1905, Lüscher!, Probst!

Trifolium angustifolium L. (Medit.). — Ebenda, 1905, Probst!

Trifolium purpureum Loisel. (T. Loiseleuri Rouy; S.-Frankreich, SO.-Eur., SW.-As.). — Wie vorige Art, 1905, Probst!

Trifolium maritimum Hudson (Medit., W.-Eur.). — Güterbahnhof Zürich III, 1905, O. Naegeli!

Trifolium echinatum M. Bieb. (T. supinum Savi; SO.-Eur., SW.-As.). — Biberiststrasse und alte Bernstrasse in Solothurn, 1904, Turnschanze 1904 - 05, Probst! (dies ist „*T. dalmaticum* Vis. [oder ligusticum Balb. ?]" Lüscher! Nachtr. Fl. Soloth. [1904], 5), 1906 Lüscher!; Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!; Basel an der Verbindungsbahn (Hardstrasse-Gellertstrasse), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

* ***Trifolium constantinopolitanum*** Ser. (T. alexandrinum Boiss. Fl. Or. ex p., non L.; vielleicht Ssp. von T. echinatum. — SW.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1904—05, Lüscher!, 1905 Probst!, Binz!; Malzfabrik Solothurn, 1904—05, Lüscher! 1907 Probst!; Kiesgrube im Hard Zürich III, 1906, Werndli!

— var. **Carmelii** (Boiss. pro spec.) Thell. Pflanze höher, üppiger, Köpfe grösser (über 2 cm lang), Krone intensiver gelb. — Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!

Trifolium alexandrinum L. verum! (Ägypt., kult.). — Solothurn, Schutt an der alten Bernstr. (mit T. echinatum!), 1904, und Malzfabrik Solothurn, 1907, Probst!

Trifolium nigrescens Viv. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!, Binz!; Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

— var. *polyanthemum* (Ten.) Lojac. — Belvoir und Kiesgrube im

Hard Zürich III, 1906, Werndli!; Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Trifolium Michelianum Savi (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!

Securigera Securidaca (L.) Thellung ap. E. Janchen in Mitteil. d. Naturw. Ver. a. d. Univ. Wien V (1907), 94 (April) et in Zimmermann, Adventiv- u. Ruderalfl. Mannheim (Juli 1907), 133 (Coronilla L.; Securidaca lutea Miller; Bonaveria Securidaca Desv.; Securigera Coronilla DC. — Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!

Lotus angustissimus L. (Medit., W.- u. O.-Eur., W.- u. Zentr.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!

****Psoralea cinerea*** Lindley (Austral.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

****Sesbania aegyptiaca*** Pers. (trop. Afr., As., Austral.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

****Scorpiurus sulcatus*** L. (S.-Medit.; Ssp. des mediterranen S. muricatus L. emend. Fiori u. Paoletti). — Solothurner Malzfabrik, 1904, Lüscher! Nachtr. Fl. Soloth. (1904), 6; Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!; ? Vorstadt beim Transformatorenhaus 1907, Probst! (zu jung!).

Ornithopus compressus L. (Medit.) — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!; Ruchfeld bei Basel, 1906: Magnat nach Binz mscr.

****Arachis hypogaea*** L. (Brasil.; Kulturpfl. der Tropen, auch in S.-Eur.). — Solothurn auf Schutt beim Baseltor, 1906, Probst!

Vicia bithynica L. (Medit.). — Solothurner Malzfabrik, 1904, Probst!

Vicia narbonensis L. (Medit., O.-Eur., W.-As.). — Malzfabrik und Turnschanze Solothurn, 1904, Lüscher! Nachtr. Fl. Soloth. (1904), 5; Turnschanze, 1906, Lüscher!, Probst!

— ssp. *serratifolia* (Jacq. pro spec.). — Bellach bei Solothurn im Getreide, 1906, Probst!

Vicia lutea L. var. **violascens** Rouy (Krone + violett überlaufen). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! (dies ist *V. peregrina* Probst, Beitr. Fl. Soloth. [1904], 35), 1906 Lüscher!

Vicia hybrida L. (Medit.). — Langendorf (Solothurn) bei der Tuchfabrik, 1905, Probst!; Turnschanze Solothurn, 1906, Lüscher!, Probst!

Vicia gracilis Loisel. (W.- u. S.-Eur., N.-Afr., W.-As.; von V. tetrasperma [L.] Mönch wohl nicht spezifisch verschieden). — Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Lathyrus Clymenum L. (Medit.). — Schutt an der Landstrasse in Gordola bei Locarno, 1894, Lüscher!

Lathyrus Ochrus (L.) DC. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

****Lathyrus hierosolymitanus*** Boiss. (SW.-As.) var. **grandiflorus** Boiss.! — Hardplatz Zürich III, 1902, Thellung („*L. annuus* L.?" in Ruderal- u. Adventivfl. d. Kt. Zürich [1905], 53); Turnschanze Solothurn, 1906, Lüscher!, Probst!

Geranium ruthenicum Uechtr. (G. sibiricum auct. Ross. ex p.; Russl., Sibir.; eingebürgert in Ostpreussen). — Beim Kurhaus St. Moritz, 1905, Branger!

****Geranium collinum*** Steph. (G. longipes DC.; Russl., W.-As.; früher oft in botan. Gärten kult.). — Basel, Wartembergerstrasse, 1904, P. Vosseler! (Herb. Binz).

****Erodium littoreum*** Leman det. Brumhard (W.-Medit.). — Tuchfabrik Langendorf (Kt. Solothurn), 1906, Probst!

Oxalis corniculata L. var. **purpurea** Parlat. (O. tropaeoloides Hort.). — Gartenunkraut in Aubonne (seit 15 Jahren), 1876 und 1879, Vetter!; Herbetwil (Kt. Solothurn) im Garten von Lehrer Otto und Aedermannsdorf (Solothurn) 1899, sehr häufig: J. Bär; Rheineck, 1905, Sulger-Buel!

****Oxalis Martiana*** Zucc. 1823—24 (O. floribunda Lehm. 1826, Link u. Otto Abb. selt. Gew. I [1828], 19, t. 10! non Lindley Bot. Reg. [1828], t. 1123! — Brasil., W.-Ind., Ascension, Mauritius). — Unkraut auf einem Acker hinter dem Schänzli in Bern, 1901, A. Keller!

Euphorbia Chamaesyce L. vera! (Medit.) var. **canescens** (L.) Roeper. — Genf: introduit à la Campagne de Charmilles (Châtelaine), 1848, Fauconnet! (Herb. Deless.).

Euphorbia Engelmanni auct. helv. (non Boiss.) besteht aus:

1. ***E. maculata*** L. (N.-Am.). Pflanze rauhhaarig, Same quergefurcht.
2. *E. humifusa* Willd. (W.-, N.- u. O.-As.). Pflanze (bei uns) kahl, Same glatt.

Beide Arten finden sich im Tessin und in mehreren botanischen und anderen Gärten eingebürgert; vergl. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 2. sér. (VII), No. 9, p. 741—772.

Euphorbia Esula L. (fast ganz Eur., W.- u. N.-As.). — Tessin: Mte. Generoso, in cultis: Penzig nach Rhiner „Abrisse" in Ber. d. St. Gall. naturw. Ges. 1890/91 (1892), 149. Da von dieser Pflanze seither nichts mehr verlautet, dürfte es sich wohl um ein adventives Vorkommnis gehandelt haben.

* ***Euphorbia cybirensis*** Boiss. (Kl.-As., Syr., Mesopot.). — Malzfabrik Solothurn, 1904, Lüscher!; Turnschanze Solothurn, 1904—05, Probst! — [Auch schon bei Marseille gefunden.]

Impatiens Roylei Walp. (I. glandulifera Royle 1839 non Arn. 1835; I. glanduligera Lindley. — Himal.). — Ufer der Birs zwischen Aesch und St. Jakob bei Basel seit einigen Jahren, Binz!; zwischen Mönchenstein und „Neue Welt", 1904, Abderhalden! in Herb. Binz.

Abutilon Avicennae Gärtner (SO.-Eur., N.-Afr., SW.-As.). — Ruchfeld bei Basel und zwischen St. Jakob und „Neue Welt", 1906: Binz mscr.

Lavatera punctata All. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! (dies ist L. thuringiaca Probst, Beitr. Fl. Soloth. [1904], 35).

Lavatera trimestris L. (Medit.; Zierpfl.). — Schutthaufen in Sarmenstorf (Aargau), rot- und weissblühend, 1906, Jos. Meier!

Viola tricolor L. var. **hortensis** DC. — In der Nähe von Bauerngärten zuweilen verwildert, z. B. im Kt. Zürich: Hittnau 1899, Andelfingen 1904, Ossingen 1907, Thellung; Sarmenstorf (Aargau), 1907, Jos. Meier!

Clarkia pulchella Pursh (Kaliforn.) var. **integripetala** Hort. ex Vilmorin f. **marginata** Hort. — Moren (Luzern) in einem Kartoffelacker, 1907, Jos. Meier!

Oenothera muricata L. (N.-Am.). — Schanzengraben Zürich (Nähe des botan. Gartens!) (ca. 70er Jahre), Vetter!; seither im Kanton Zürich nicht mehr gefunden. — Eine gegen *Oe. biennis* L. neigende Form (Kelchzipfel ca. ½ so lang als die Kelchröhre; morphologisch von dem Bastard *O. bienni-muricata* A. Braun [= O. Braunii Döll] kaum zu unterscheiden): Rasen beim Museum in Solothurn, 1904, Lüscher!

— var. **latifolia** Ascherson. — Solothurn, adventiv im Garten der Uhrmacherschule, 1907, Probst!

* ***Gaura biennis*** L. (N.-Am.). — Lisière S.-W. du bois de Budé près Ferney (Ain): Beauverd in Bull. Herb. Boiss. 2. sér. VI (1906), 12[illegible].

Eryngium planum L. (SO.-Eur., W.- u. N.-As.). — Solothurn, Heidenkäppli, 1906, Keller! (Herb. Probst); Industriequartier Solothurn, Lüscher!

* ***Lagœcia cuminoides*** L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!

* ***Scandix macrorrhyncha*** C. A. Meyer (= hispanica Boiss. [illegible] der S. Pecten Veneris L. [illegible]). — Turnschanze Solothurn, [illegible], Probst!

Torilis arvensis (Hudson) Link var. **purpurea** (Guss. pro spec.) Fiori u. Paoletti [excl. f. b. heterophylla] (heimisch z. B. in Italien). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

Torilis heterophylla Guss. (Ssp. von T. arvensis [Hudson] Link? — Medit.). — Hardplatz Zürich III, 1902, Thellung; Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!

Torilis leptophylla (L.) Rchb. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904—05, und südlich der Vorstadt, 1906, Probst!

Orlaya platycarpos (L.) Koch (Medit.). — Solothurner Malzfabrik, 1904, und Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Bupleurum subovatum Link (B. protractum Hoffmannsegg u. Link; Medit. — Bahnhof Buchs, 1907, Schnyder!

Bupleurum Odontites L. ex Desf., Rchb., Boiss. (B. Fontanesii Guss.; Medit.). — Solothurn, südlich der Vorstadt, 1904, 1906, Probst!; westlich der Malzfabrik, 1906, Lüscher!, Probst!

Bupleurum tenuissimum L. (fast ganz Eur., Kauk., N.-Afr.). — „Les Croisettes" am Genfersee [wohl nur vorübergehend adventiv], 1864, leg.? (Herb. Univ. Zürich).

Ridolfia segetum (L.) Moris (Medit.). — Orbe (criblures de blés étrangers), 1883, Vetter!; Ruchfeld bei Basel, 1907, E. Suter! (Herb. Binz).

Ammi majus L. (Medit.).

— var. **serratum** Mutel (= var. genuinum Gren. et Godron), Grundblätter einfach fiederschnittig, mit gesägten Abschnitten. Die bei uns am häufigsten eingeschleppte Form; z. B.: Solothurn, Vorstadt, 1907, Probst!

— var. **intermedium** (DC.) Gren. et Godron, untere Laubblätter doppelt fiederschnittig, mit keilförmigen, eingeschnitten gezähnten Abschnitten. — Solothurn, Vorstadt, 1907, Probst!

— var. **glaucifolium** (L.) Noulet, alle Laubblätter fein zerteilt, mit linealischen, grösstenteils ganzrandigen Zipfeln. — Turnschanze Solothurn, 1904, und südlich der Vorstadt, 1906—07, Probst!

Oenanthe pimpinelloides L. (Medit.). — ? Güterbahnhof Zofingen 1882—83, Lüscher! (zur sichern Bestimmung zu jung!); Turnschanze Solothurn, 1905—06, Probst!

Pharbitis purpurea (L.) Ascherson (trop. Am.). — Kirchenfeld bei Bern verwildert (*fl. albo*), 1901, Lüscher!

****Pharbitis Nil*** (L.) Choisy (trop. Am.). — Tessin: Fornasette, Bez. Lugano, 1904, Chenevard!

Convolvulus dahuricus Sims (Calystegia Choisy; Tatarei, Sibir.). — Zürich: Hofacker, 1882: Itschner nach Schinz mscr.; Rheineck, an einer Hecke verwildert, 1906, Sulger-Buel!

****Convolvulus pubescens*** (Lindley) Thell. **comb. nov.** [non Soland. in Russell 1794, qui = C. betonicifolius Miller 1768 (= C. hirsutus M. Bieb. 1808), nec Willd. 1809, qui = Ipomoea pubescens Lam. 1791] (Calystegia pubescens Lindley Bot. Reg. XXXII. t. 42! — China). — Alte Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1905, Bucher!

Cuscuta corymbosa Ruiz u. Pavon ist aus der Adventivflora der Schweiz zu streichen. Die in Schinz und Keller, Fl. d. Schweiz, ed. 2, II (1905), 177, sowie bei Naegeli und Thellung, Ruderal- u. Adventivfl. d. Kt. Zürich (1905), 61 unter diesem Namen aufgeführte Pflanze gehört zu *C. racemosa* Mart. (S.-Am.); Syn.: C. corymbosa Choisy Cusc. et auct. gall. et helv., non R. P.; C. suaveolens Ser.; C. hassiaca Pfeiffer.

Collomia biflora (Ruiz u. Pavon) Brand (C. coccinea Lehm.; Chile, Boliv.; Zierpflanze). — Solothurn bei der Malzfabrik, 1903, Lüscher!

****Heliotropium supinum*** L. (Medit.). — Solothurn beim Baseltor, 1906, Probst!

Lappula patula (Lehm.) Ascherson (Span., N.-Afr., S.-Russl., SW.-As.). — Getreidelagerhäuser in Brunnen, 1907, Thellung.

Symphytum asperum Lepechin 1805 (S. asperrimum Donn 1806; Kauk., Armen., Pers.). — Ormonts (Vaud), introduit, 1886, G. Mermod!; Tesserete (Tessin), 1903, M. Jäggli!; verwildert am Bodenseeufer bei Ermatingen (Thurgau), 1904—07, E. Baumann!

Symphytum cœruleum Petitmengin! **n. spec.** ined. 1903[1]) [an Hort. angl. ex Steud. Nom. ed. 2 (1841), 654 (nomen nudum!)?] (S. peregrinum Bot. Mag. t. 6466! [1879] et hort., Ascherson & Graebner Fl. Nordostd. Flachl. [1898—9], 577 — non Ledeb.![2]) — Kaukasus nach Bot. Mag. l. c.; oder vielleicht Gartenbastard:

---

[1]) Mit kurzer Beschreibung auf der mit Tinte geschriebenen Herbaretikette (Herb. Montpellier). — Diagnose (hier zum erstenmal veröffentlicht):

Affine *S. officinali* L., a quo distinguitur foliis superioribus imperfecte (ad medium tantum internodii) decurrentibus, corolla cœrulea (non violacea vel flavescenti-alba) calyce (saepe ad tertiam partem inferiorem tantum, non fere ad basin fisso) 3–4 plo (non subduplo) longiore, filamentis antherae subaequalibus (non subduplo brevioribus). — Die Art wird demnächst auch in der im Druck befindlichen Flore analytique de Lorraine von Petitmengin und Gadfuin beschrieben werden.

[2]) *S. peregrinum* Ledeb.! Cat. h. Dorpat. (1820), 4 ist, wie schon aus der Beschreibung bei A. DC. Prodr. X (1846), 37 und bei Ledeb. Flora Ross. III, 1 (1846?), 114 hervorgeht, nach einem von Fischer aus dem Hort. Dorpat. übermittelten, anscheinend authentischen Exemplar im Herb. DC. Prodr. beträchtlich verschieden durch die gar nicht herablaufenden Stengelblätter und den folglich völlig flügellosen Stengel; ich schliesse mich daher der Auffassung Boissiers an, der (Fl. Or. IV [1879], 175) S. peregrinum Ledeb., wie auch S. echinatum Ledeb., als „formae hortenses forsan hybridae" zu S. asperum Lepechin zieht.

S. asperum Lepechin × officinale L.?). — **Botan. Garten Zürich als Unkraut, 1907, Thellung; Sion, 1905, F. O. Wolf!** (ob kultiviert?).

Die Pflanze des Züricher botan. Gartens ist mit dem von Petitmengin ausgegebenen Exsikkatum von Doumartemont [Meurthe et Moselle] (Petit bois en dessous de la ferme Ste. Geneviève, wo die Pflanze zweifellos verwildert ist) völlig identisch und stimmt auch mit der im Bot. Mag. l. c. als S. peregrinum abgebildeten und beschriebenen Pflanze gut überein mit Ausnahme des wohl ziemlich geringfügigen Umstandes, dass bei der ersteren die Schlundschuppen die Antheren etwas überragen, während bei der letzteren das Gegenteil der Fall ist.

***Symphytum Vetteri*[1]) Thellung n. spec.**

Perenne? Partes basilares mihi ignotae. Planta elata, habitu S. officinalis L. Caulis ramosus, indumento fere destitutus, foliis imperfecte decurrentibus hinc inde subalatus, epilosus, primo intuitu glaberrimus et laevis, aculeolis tamen minutis retrorsum curvatis remote in inflorescentia tantum densius obsitus. Folia caulina media et superiora alterna, ovato-lanceolata, acuta, basin versus quasi in petiolum late alatum contracta, infra insertionem ± longe (plerumque ad dimidium internodii) et saepe inaequaliter decurrentia, (exceptis summis) glabra (i. e. epilosa), superne pustulis albidis conspicuis, saepe in aculeolum minutissimum terminatis, elevato-punctata, margine aculeolis curvatis obsita. Inflorescentiae eis S. officinalis similes, satis multiflorae; axis et pedicelli (calyce subbreviores) aculeolis et pilis mollioribus hirsutuli. Calyx ± 7 mm longus, ad quintam fere partem inferiorem in lacinias 5 triangulari-lanceolatas acutissimas, corollae tubum subaequantes, post anthesin paulo auctas, facie glabras et laeves, margine aculeolato-ciliatas partitus. Corolla tubuloso-infundibiliformis limbo subventricoso, 13—15 mm longa, calyce suduplo longior, purpurea, limbo tubum longitudine subaequante, dentibus limbi parvis triangularibus revolutis. Fornices inclusi (limbum non aequantes), anguste triangulari-lanceolati acutissimi, antheris subaequilati et eis vix longiores.

[1]) Ich dediziere diese Art Joh. Jak. Vetter, geb. 11. Jan. 1826 in Stein (Schaffhausen), Konservator am Herbarium Barbey in Valleyres, hochverdientem Erforscher und vorzüglichem Kenner der schweizerischen Adventivflora; von Bedeutung ist namentlich sein Aufsatz: Quelques notes sur la Flore des environs d'Orbe, in Bull. Soc. Vaud. des sc. nat. XXII Nr. 95 [1886], 268—277 (vgl. das Referat in Just's Bot. Jahresber. XV, 2 [1890], 428 n. 186). Das von Prof. Dr. Hans Schinz dem botan. Museum der Universität Zürich geschenkte Herbarium Vetter ist ausserordentlich reich an schweizerischen Adventivpflanzen; ich entdeckte darin unter anderen noch nicht publizierten interessanten Funden auch das oben beschriebene merkwürdige *Symphytum*.

Antherae filamento 1½—2 plo longiores. Nuculae, a latere visae, oblique ovato-semicirculares, laeves. Maxime affine S. officinali, a quo tamen indumento singulari et foliis imperfecte tantum decurrentibus manifeste differt. — Patria ignota; in Helvetia semel adventicium:

Orbe (Waadt), au Séchon, bords de l'ancien lit de l'Orbe, 1892, Moehrlen! in Herb. Vetter (Univ. Zürich).

S. Vetteri unterscheidet sich von allen mir bekannten Arten der Gattung durch fast völlig haarlose und nur sehr fein und entfernt stachelige Stengel und Laubblätter[1]), von S. officinale L., dem es zweifellos sehr nahe steht, ausserdem auch durch die nur halb herablaufenden Blätter und die viel grösseren (oft ¼ mm breiten), in ein ganz kurzes Börstchen endigenden Pusteln der Oberseite der Laubblätter.

Die Stellung des S. Vetteri zu *S. officinale* L. und den übrigen in Europa gelegentlich adventiv beobachteten *Symphytum*-Arten dieses Verwandtschaftskreises kommt in der folgenden Tabelle zum Ausdruck:

1. Stengel von ± stark seitlich zusammengedrückten, abwärts gebogenen Stacheln rauh. Laubblätter gar nicht herablaufend. Kelchzähne so lang oder länger als die Kelchröhre, ⅓—⅕ der Krone erreichend. Staubfäden ± so lang wie die Antheren. — Kaukasus, Armenien, Persien. — *S. asperrimum* Don.; Bot. Mag. t. 929!
S. asperum Lepechin.

1*. Stengel weichhaarig oder borstig bis fast kahl, aber nicht mit zusammengedrückten, gebogenen Stacheln besetzt; seltener mit solchen, aber zugleich die Laubblätter herablaufend.
2. Kelchzipfel länger als die Kelchröhre.
3. Kelch tief 5teilig; oder, wenn nur bis zum unteren Drittel gespalten, Pflanze mit zusammengedrückten Stacheln. Laubblätter ganz oder halb herablaufend.
4. Stengel und Laubblätter dicht borstig rauhhaarig; Indument aus Stachelborsten und Haaren gemischt.
5. Obere Laubblätter nur halb herablaufend. Krone 3—4 mal so lang als der oft nur bis zum unteren Drittel gespaltene Kelch, blau. Staubfäden ± so lang wie die Antheren. — Kaukasus? Oder Bastard: S. asperum × officinale? — S. peregrinum Bot. Mag. t. 6466! non Ledeb.!
S. cœruleum Petitmengin.

5*. Laubblätter (in der Regel) vollkommen herablaufend. Krone doppelt so lang als der tief geteilte Kelch, violett oder gelblich weiss. Staubfäden ± ½ so lang als die Antheren.
S. officinale L.

---

[1]) *S. peregrinum* Ledeb. wird von A. DC. Prodr. als „caule glabriusculo nudiusculo" beschrieben, unterscheidet sich aber von meiner Pflanze durch die sitzenden oberen Stengelblätter und den im Verhältnis zur Krone kürzeren Kelch.

4*. Stengel und Laubblätter haarlos, nur sehr entfernt mit kleinen, auf Pusteln aufsitzenden Stachelchen besetzt. Laubblätter halb herablaufend. Krone doppelt so lang als der Kelch. Antheren $1^1/_2$—2 mal so lang als die Staubfäden. — Heimat?

S. Vetteri Thell.

3*. Kelch nur bis zum unteren Drittel gespalten. Pflanze weichhaarig und ausserdem mit am Grunde verdickten Borsten, aber ohne zusammengedrückte Stacheln. Obere Laubblätter nicht oder sehr kurz herablaufend. Krone 3 mal so lang als der Kelch. — Krim, Pontus, Armenien. — Bot. Mag. t. 1787!

S. tauricum Willd.

2. Kelchzipfel kürzer als die Kelchröhre. Pflanze weichhaarig, fast ohne Borsten.
6. Obere Laubblätter sitzend. Krone doppelt so lang als der Kelch (?). — Kleinasien. — Bot. Mag. t. 1912!

S. orientale L., Boiss.

6*. Obere Laubblätter kurz herablaufend. Krone 3 mal so lang als der Kelch. — Kaukasus. — Bot. Mag. t. 3188!

S. caucasicum M. Bieb.

Anchusa italica Retz. 1779 (A. azurea Miller 1768?[1]); Medit., selten und unbeständig in der Südschweiz). — Böschung der Strasse St. Moritz-Campfer (Engadin), 1905, Branger! Auch sonst hin und wieder verschleppt, z. B.: Lommiswil (Solothurn), Bahnlinie im Bau, 1907, und Hauterive bei Freiburg, 1907, Probst!

— var. **sublanata** Thell. **n. var.**, caulis partes superiores et inflorescentiae axes setis densissimis longis patulis albis subcompressis mollibus quasi albo-lanuginosi; foliorum pustulae minimae vix conspicuae; flores quam in typo minores. Oberer Teil des Stengels und Infloreszenzachsen mit sehr dichtstehenden, langen, abstehenden, weissen, etwas bandartig zusammengedrückten, weichen Borsten besetzt und dadurch weisslich-zottig erscheinend; Pusteln der Laubblätter sehr klein und wenig auffällig; Blüten kleiner als beim Typus; sonst scheint die Pflanze von A. italica nicht verschieden. — Langendorf (Solothurn) in einem Hühnergarten (Futter von der Malzfabrik), 1907, Probst! Ähnlich, aber mit etwas steiferen Borsten: Kiesplatz an der Strasse Walenstadt-Berg, 1905, J. Bär und Hans R. Schinz! (scheint den Übergang der Var. zum Typus zu vermitteln).

[1]) Die von Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 9 gegebene Beschreibung der *A. azurea* ist zur sichern Erkennung der Art unzulänglich, und auch das Synonym Zanoni's (Hist. [1675], 51!) ist höchst unklar. Ein authentisches Herbarexemplar der Millerschen Art scheint nach Mitteilung von Herrn J. Britten-London an Prof. Schinznicht zu existieren.

***Anchusa stylosa** M. Bieb. (Griech., Türkei, Krim, Kl.-As.). — ? Solothurn, Vorstadt, 1907, Häberli! (Herb. Probst; ein dürftiges Exemplar mit nur 1 Blüte).

Anchusa hybrida Ten. (A. undulata L. var. hybrida Fiori & Paoletti; Medit.). — Solothurn beim Baseltor, 1907, Probst!

Lycopsis orientalis L. (Anchusa Rchb.; Span., S.-Russl., SW.-As.). — Bahnhof Buchs, 1907, Schnyder!; Langendorf (Solothurn), Bahndamm, 1907, Probst!

Nonnea pulla (L.) DC. (SO.-Eur., SW.-As.). — Dans un champ de trèfle à Essert-Pittet près Orbe (Vaud), 1894, Moehrlen! (Herb. Vetter); Ruchfeld bei Basel, 1902—3: Binz Fl. Basel ed. 2 (1905), 262; Bahnhof Buchs, 1905, Schnyder!

Cerinthe minor L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!; Ruchfeld bei Basel, 1906: Magnat nach Binz mscr.

— var. *maculata* (M. Bieb.) (Krone im Schlund purpurn, beim Typus rein gelb). — Basel: Schutt an der Margrethenstrasse, 1900: Baumberger nach Binz Fl. Basel ed. 2 (1905), 263.

Echium plantagineum L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! Vergl. Lüscher Nachtr. Fl. Soloth. (1904), 12. Von Probst Beitr. Fl. Soloth. (1904), 36 als E. italicum aufgeführt.

***Clerodendron fœtidum** Bunge (China). — Verwildert um Locarno: zwischen Hotel Belvedere und Madonna del Sasso, 1906: Fr. Zimmermann-Mannheim, J. Bär.

Scutellaria altissima L. (SO.-Eur., Kauk.). — Bains de Lavey 1880, Mœhrlen!; Botan. Garten Zürich, am Abhang gegen den Schanzengraben seit längerer Zeit in grosser Menge verwildert!

***Lavandula latifolia** (L. f.) Vill. (W.-Medit. bis Dalmatien). — Kiesgrube Hardau, Zürich III, 1906, J. Bär!

Sideritis montana L. (Medit.). — Maggimühle Zürich III, 1907, Werndli!; Oberdorf bei Solothurn, in frisch gesäter Luzerne, 1907, Probst!

Nepeta grandiflora M. Bieb. (Kaukas.). — Schanzengraben Solothurn, 1892, Herb. Sophie Lang-Solothurn!; Sitten, 1905, F. O. Wolf!

Dracocephalum parviflorum Nutt. (N.-Am.). — Solothurn, Lagerplatz des Münsterbahn-Baues bei Langendorf, 1907, Probst!

Stachys italicus Miller (St. salviaefolia Ten.; S.-Eur. von Frankreich bis Griechenl.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! (vergl. Lüscher Nachtr. Fl. Soloth. [1904], 14); Seeufer beim Hotel Reber in Locarno, vor 3 oder 4 Jahren: Chenevard briefl. an Prof. Schinz; Ruchfeld bei Basel, 1907, E. Suter! (Herb. Binz).

***Salvia viridis** L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

***Salvia virgata** Ait. (SO.-Eur., SW.-As.). — Orbe, 1886, Vetter!; Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!

Salvia austriaca Jacq. (SO.-Eur.). — Bahnhof Buchs, 1907, Schnyder!

Salvia Aethiopis L. (S.- u. O.-Eur., W.-As., N.-Afr.). — Solothurn auf Schutt beim Baseltor, 1907, Probst!

Monarda fistulosa L. (N.-Am.). — Biberist bei Solothurn, an Stelle eines eingegangenen Gartens: Probst Beitr. Fl. Soloth. (1904), 27.

Physalis peruviana L. (Ph. pubescens L. β **peruviana** Fiori & Paoletti; S.-Am., kult. u. verwildert in wärmeren Gegenden, z. B. in Italien) var. **esculenta** (Salisb.) Fiori & Paoletti (Ph. edulis Sims), mit deutlich gezähnten Laubblättern. — Runkelfeld, Juch, Altstetten bei Zürich, 1907, A. Volkart!

Solanum rostratum Dunal (N.-Am.). — Kiesgrube im Hard Zürich III, 1907, Thellung.

***Solanum pseudo-Capsicum** L. (trop. Am.; Madeira, Mauritius [ob spontan?]). — Kiesgrube im Hard Zürich III, 1901, Thellung (in der Ruderal- u. Adventivfl. des Kts. Zürich [1905], 61 irrig als *S. bonariense* L. aufgeführt; letztere Art ist für die Schweiz zu streichen).

Petunia violacea Lindley (Zierpflanze aus dem östl. S.-Am.). — Basel, St. Albanring, 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Verbascum sinuatum L. (Medit.). — Zürich, vor der Kaserne beim bot. Garten (anno?), Osw. Heer!; Turnschanze Solothurn, 1904, Probst! (vergl. Lüscher Nachtr. Fl. Soloth. [1904], 12).

***Verbascum** cf. **graciliflorum** Del. (früher adventiv bei Montpellier; Heimat unbekannt). — Eine dieser Art nahestehende, aber durch grössere Blüten (Kelch 4 statt 2½—3 mm lang) und auffallend glänzende Blattoberseite verschiedene Pflanze: Orbe, adventice près du moulin, 1894, Mœhrlen! (Herb. Vetter).

***Linaria pallida** Ten. (Appennin). — Verwildert auf Felsen und in Schluchten der Rochers de Naye (Waadt), Flüchtling aus dem botan. Garten „Rambertina“: Boissieu in Bull. Soc. bot. France LIII (1906), n. 7, 524.

Linaria genistifolia (L.) Miller (O.-Eur., W.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!, 1905 Binz!, Lüscher! (vergl. Probst Beitr. Fl. Soloth. [1904], 36 und Lüscher Nachtr. Fl. Soloth. [1904]. 12); Bahnhof Solothurn, 1906, Werndli!; Bahnhof Buchs, 1905, Schnyder!

Linaria purpurea (L.) Miller (Ital., Griech., Tunis) ist wohl aus der Adventivflora der Schweiz zu streichen. Die Pflanze

sollte nach Hegetschweiler Fl. Schw. (1840), 606 von Monard bei Romainmotier beobachtet worden sein; doch vermutet schon Ducommun (Taschenb. schweiz. Bot. [1869], 566), dass es sich um eine Verwechslung mit L. striata handeln dürfte. Tatsächlich gehören Exemplare der „L. purpurea" von Romainmotier im Herb. Helv. Univ. Zürich zu *L. repens* (L.) Miller (= L. striata [Lam.] DC.).

Antirrhinum Orontium L. var. **grandiflorum** Chav. (A. calycinum Lam.; Medit.). — Ruchfeld bei Basel, 1906, Binz!

****Bartsia Trixago*** L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!, Probst!

Plantago Coronopus L. (Medit., W.-Eur. bis zur Nordsee). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

Plantago Psyllium L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!, 1905, Lüscher!

Plantago Bellardii All. (P. pilosa Pourret; Medit.). — Ebenda, 1904, Probst!, 1905, Lüscher!

Asperula arvensis L. f. **albiflora** Probst!, flore albo. Krone reinweiss. Da, soviel mir bekannt, die europäischen Floren keine Abänderungen in der Blütenfarbe der A. arvensis angeben, wohl aber Boissier Fl. Or. III (1875), 30 („variat corolla pallide cœrulea vel subcarnea"), so dürfte unsere Pflanze wohl aus grösserer Entfernung, etwa aus dem Orient, eingeschleppt sein. — Solothurn, Schutt beim Baseltor, 1907, Probst!

Galium divaricatum Lam. (mediterrane Ssp. des *G. parisiense* L.). — Solothurn südlich der Vorstadt, 1906, Probst!

Knautia integrifolia (L.) Bertol. (Kn. hybrida (All.) Coulter; S.-Eur., Kl.-As., Syr.) var. **lyrata** (Lam.) Rouy. — Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

****Cucumis myriocarpus*** Naud. (C. Grossularia & grossularioides Hort.; Zierpfl. aus S.-Afr.). — Kompost bei der Kammgarnfabrik Derendingen (Solothurn), 1907, Probst!

****Campanula alliariifolia*** Willd. (Kaukas., Kl.-As.). — Salève (Grand-Sarrot) in der Nähe der Schweizergrenze: Beauverd in Bull. Herb. Boiss. 2ᵉ sér. V (1905), 1194.

****Legousia pentagonia*** (L.) Thell. **comb. nov.** (Specularia A. DC.; Türkei, Kreta, Kl.-As. u. Inseln, Syr., Kauk.; eingebürgert in Spanien, S.-Frankr. etc.). — Solothurn, Schutt beim Transformatorenhaus (Vorstadt), 1907, Probst!

****Grindelia decumbens*** Greene! 1896 (Colorado) (G. Brownii Heller! 1899 [Idaho], der nordamerikanischen G. squarrosa (Pursh) Dunal nahestehend). — Ruchfeld bei Basel, 1906, Binz!

Solidago graminifolia (L.) Ell. (S. lanceolata L.; N.-Am.). — Basel: rechtes Rheinufer unterhalb der Schiffbrücke (auf deutschem Boden), 1903: Binz mscr.

Callistephus chinensis (L.) Nees (China, Japan). — Tägerweilen (Thurgau), beim Kirchhof seit ca. 1895 regelmässig verwildernd: J. Bär; Ruchfeld bei Basel, 1905, Binz!; in einer Kleewiese bei Aesch (Luzern), 1907, Jos. Meier!

Aster novi belgii L. (N.-Am.). — Bei uns die häufigste der verwildernden nordamerikanischen Aster-Arten. Dazu gehört als Synonym: *A. dumosus* Probst![1]) Beitr. Fl. Soloth. (1904), 29 non L.

— var. (?) **stenolepis** Thell. **n. var.**, squamis pro more speciei angustissimis (1/2 mm latis). Hüllblätter ungewöhnlich schmal (ca. 1/2 mm breit), Laubblätter schmallanzettlich; sonst scheint die Var. vom Typus der Art nicht verschieden; von A. salicifolius differiert sie durch die sehr ungleich langen Hüllblätter, deren äussere nur die Hälfte der inneren erreichen, und durch deutlich umfassend geöhrte Stengelblätter. — Am Tägelbach östlich Niederwil (Thurgau), 1906, Wegelin!

ssp. **laevigatus** (Lam.) Thell. (A. novi belgii var. laevigatus A. Gray; A. brumalis Nees). Vom Typus durch traubigen (statt doldenrispigen) Gesamtblütenstand mit grösstenteils 1köpfigen Ästen verschieden. — Hieher als Synonym: *A. nebraskensis* Probst![1]) Beitr. Fl. Soloth. (1904), 22 non Britton. — Von dieser bei uns verbreiteten Ssp. sah ich aus der Schweiz die 2 folgenden bemerkenswerten Varietäten:

— var. **ovatus** Thell. **n. var.**, foliis ovatis (1 : 2—3), ad 3 cm latis, acuminatis, basi ambitu rotundatis et amplexicaulibus. Laubblätter eiförmig (1 : 2—3), bis 3 cm breit, zugespitzt, am Grunde im Umriss abgerundet und stengelumfassend (= *A. oblongifolius* Probst![1]) Beitr. Fl. Soloth. [1904], 29 non Nutt.). — Ufergebüsch der Aare oberhalb Büren (Kt. Bern), 1903—4, Probst! — Angenähert auch: Marais d'Orbe (Vaud), 1883, Vetter!

— var. **subprenanthoides** Thell. **n. var.**, foliis apicem versus dentatis, infra medium integerrimis et subpanduriformi-constrictis, inde formam *A. prenanthoidis* Mühlenb. referentia. Laubblätter oberwärts gezähnt, unter der Mitte etwas geigenförmig zusam-

[1]) Mithin sind die folgenden Arten aus der Adventivflora der Schweiz zu streichen: *A. acuminatus* Michx., *A. nebraskensis* Britton und *A. oblongifolius* Nutt.; vielleicht auch *A. dumosus* L., dessen Vorkommen in der Schweiz nicht mit Sicherheit nachgewiesen, jedoch keineswegs unwahrscheinlich ist.

mengezogen und ganzrandig, dadurch in der Form etwas an *A. prenanthoides* Mühlenb. erinnernd, mit welcher Art meine Pflanze jedoch sonst nichts gemeinsam hat (= *A. acuminatus* Probst![1]) Beitr. Fl. Soloth. [1904], 29 non Michx.). — Lac de Neuchâtel: Champréveyres, entre Neuchâtel et St-Blaise, 1888, Tripet!; im Bürengrien ob Büren a. d. Aare (Kt. Bern), 1904, Probst!

Aster novi belgii L. **var.?** — Einen *Aster*, der nach seinen morphologischen Merkmalen sehr wohl *A. novi belgii* × *Tradescanti* L. (A. parviflorus Nees) sein könnte, der aber wegen des Vorkommens ohne die mutmasslichen Stammarten nicht ohne weiteres als Bastard angesprochen werden kann, sammelte E. Baumann 1906 am Bodenseeufer (Seewiesen) bei Trieboldingen (Thurgau). Die Pflanze unterscheidet sich von *A. novi belgii* durch viele kleinere Köpfe (längste Hüllblätter nur 4 mm lang) mit sehr ungleich langen Hüllblättern, deren äussere nur $^1/_3$—$^1/_2$ der inneren erreichen, sowie durch am Grunde nur schwach halbstengelumfassende Laubblätter; von *A. Tradescanti (parviflorus)* durch etwas umfassende Stengelblätter, breitere Hüllblätter mit nach vorn stärker rhombisch verbreiterter grüner Mittelpartie und bläuliche Strahlblüten.

Aster salicifolius Scholler (A. paniculatus Lam.?; N.-Am.). — Bedeutend seltener als die vorige Art; die Mehrzahl der Angaben beruht wohl auf Verwechslung mit *A. novi belgii* und dessen ssp. *laevigatus*. — Neue gesicherte Fundorte: Bodensee, Seeriet bei Stiegen oberhalb Stein a. Rh., 1906, E. Baumann!; Sangen bei Weinfelden, 1906, Schüepp!; Thurbett bei Üsslingen (Thurgau), 1906, Herm. Huber!; Belvoir Zürich II, 1907, Thellung.

****Aster lateriflorus*** (L.) Britton (A. diffusus Ait.; N.-Am.). — Marais d'Orbe, 1884, Vetter!

Aster acer L. (S.- u. O.-Eur., W.-As.) ssp. **trinervis** (Desf. pro spec.) (S.-Frankreich). — Dornach (Kt. Basel), 1906, [E. Suter nach] Binz!

Erigeron Karwinskyanus DC. var. **mucronatus** (DC.) Ascherson in Verhandl. bot. Ver. Brandenb. XLI. 1889 (1890), XXXVII (= Vittadinia triloba Hort. non DC.; Mexiko, Guatemala, Venezuela; in Südeuropa häufig kultiviert, verwildert in Portugal, Italien etc.). — Eingebürgert am Langensee bei Intra und Pallanza, zuerst von Solms-Laubach angegeben (vergl. Ascherson l. c.

---

[1]) Mithin sind die folgenden Arten aus der Adventivflora der Schweiz zu streichen: *A. acuminatus* Michx., *A. nebraskensis* Britton und *A. oblongifolius* Nutt.; vielleicht auch *A. dumosus* L., dessen Vorkommen in der Schweiz nicht mit Sicherheit nachgewiesen, jedoch keineswegs unwahrscheinlich ist.

p. XXXIII seq. und L. Micheletti in N. Giorn. bot. ital. n. ser. VIII [1901], 189).

Erigeron crispus Pourret (E. linifolius Willd.; Conyza ambigua DC. — Wärmere Zonen, schon Mittelmeergebiet; nach Ascherson vielleicht aus S.-Am. stammend). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

Odontospermum aquaticum (L.) Schultz Bip. (Asteriscus Less.; Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

Iva xanthiifolia (Fresen.) Nutt. (N.-Am.). — Ruchfeld bei Basel, 1902—03, Binz! Fl. Basel ed. 2 (1905), 352 (hierher gehört auch *Ambrosia psilostachya* Binz! l. c.).

Ambrosia trifida L. var. **integrifolia** (Mühlenb.) Torrey u. Gray (N.-Am.). — Angenähert: Mönchenstein bei Basel, 1900, Binz!

Xanthium echinatum Murray 1785 (excl. fig., quae pessima!)[1], Nocca u. Balbis, Pollini, Torr. u. Gray — non Willd. herb. nec Wallr. Monogr. (X.americanum Walter 1788; X. occidentale Bertol. 1822; X. italicum Moretti 1822; X. riparium Lasch 1856; X. macrocarpum DC. Prodr. ex p., Bluff u. Fing., Bertol., Koch Syn. quoad loc., auct helv. ex p. — non DC. Fl. franç.; X. canadense A. Gray, Britton u. Brown — non Miller; X. orientale Cav., Ind. Kew. ex syn. — non L. — N.-, Zentr.- u. S.-Am.; eingebürgert in S.- u. O-. u.im östl. Zentr.-Eur.). — Tuchfabrik in Langendorf bei Solothurn (ungarische Wolle), 1907, Probst! — Bisher gaben die Schweizerfloren nur „X. macrocarpum DC." aus dem Gebiet an, unter welchem Namen jedoch sicherlich neben der echten DC.'schen Art (der Flore française!) auch, wie in DC.'s Prodromus, X. echinatum (italicum) verstanden wurde. Auf diese beiden Arten ist weiter zu achten und ihre Standorte sind zu verifizieren. Die Nomenklatur des X. macrocarpum DC. ist nach meiner Auffassung folgende:

X. orientale L. 1763 (excl. loc.), Schkuhr, Gärtner, A. u. G.; X. canadense Miller 1768 (non auct. Am. bor.); X. cuneatum Mönch 1794; X. macrocarpum DC. 1815; X. echinatum Willd. herb., Wallr. Monogr., Aschers. etc. — non Murray (Span., S.-Frankr.; selten in Zentr.-Eur. [meist aus botan. Gärten verwildert]; stammt wohl gleichfalls aus Am., obgleich in den Herbarien nicht von dort aufzufinden).[2]) — Unterscheidet sich von X. echinatum (italicum): Fruchthülle länglich (statt ellipsoidisch),

---

[1]) Eine eingehende Begründung dieser Nomenklatur gedenke ich demnächst an anderer Stelle zu geben.

[2]) Sämtliche amerikanischen Exemplare des „X. macrocarpum" im Berliner Herbar gehören zu X. echinatum (italicum).

mit nicht sehr dichtstehenden, kräftigen, von der Mitte an gebogenen und an der Spitze hakigen Dornen besetzt, die kürzer sind als der Durchmesser der Fruchthülle (X. echinatum: Dornen sehr dicht, schlanker, so lang wie der Durchmesser der Frucht, bis unter der hakigen Spitze gerade); Schnäbel stark einwärts gekrümmt (statt mit Ausnahme der hakigen Spitze fast gerade). — Beide Arten unterscheiden sich von X. strumarium L.: Fruchthülle bedeutend grösser (mindestens 20 statt 12—15 mm lang), stärker behaart, bis zur Spitze mit Dornen besetzt; Fruchtschnäbel an der Spitze meist hakig; Laubblätter am Grunde meist keilförmig (statt herzförmig).

Helianthus debilis Nutt. (H. cucumerifolius Hort.; N.-Am.). — Langendorf (Solothurn), 1904, Probst!

Helianthus giganteus L. (N.-Amerika.). — Kiesgrube Hardau Zürich III, 1906, Werndli!, 1906—07, Thellung.

Guizotia abyssinica (L.) Cass. (trop. Afr.). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1905: E. Suter nach Binz mscr.; Compost bei der Irrenanstalt Rosegg bei Solothurn, 1906, Probst!

Coreopsis tinctoria Nutt. (Calliopsis DC.; Zierpflanze aus N.-Am.). — Basel an der Verbindungsbahn (Hardstr.—Gellertstr.), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Galinsoga parviflora Cav. (westl. S.-Am.). — Seeufer und Ödland bei Markelfingen am Untersee (Bodensee) in Menge, 1907, E. Baumann!

****Layia platyglossa*** (Fischer u. Meyer) A. Gray (Callichroa Fisch. u. Mey.; Zierpfl. aus Kaliforn.). — Beim Schlachthof Zürich III, 1907, Werndli!

Anthemis Cotula L. — Die zwei folgenden Varietäten scheinen bei uns nur adventiv vorzukommen:

— **var. latisecta** Thell. **n. var.**, foliorum lobis latioribus, ± 1 mm latis. Laubblattzipfel durchschnittlich 1 mm (statt ½ mm) breit. — Hardplatz in Zürich III, 1903, Naegeli, Thellung (hierher gehört *A. arvensis* × *Cotula* ? Naeg. u. Thell. Ruderal- u. Adventivfl. Kt. Zürich [1905], 75); Turnschanze Solothurn, 1905, Probst!

— **var. canescens** Thell. **n. var.**, pedunculis et involucris canescentibus. Kopfstiele und Hülle weisslich zottig. — Malzfabrik Solothurn, 1904, Probst!

Anthemis austriaca Jacq. (SO.-Eur., Kauk., Kl.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1905—06, Probst!, 1905 Binz!; Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!; Basel an der Verbindungsbahn (Hardstr.-Gellertstr.), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Anthemis austriaca Jacq. var. *truncata* **Thell. in Schinz u. Keller, Fl. d. Schweiz, 2. Aufl. II (1905), 218. — Belvoir Zürich II, 1907, Thellung.**

Anthemis Cota L. (A. altissima L.; Medit.) — **Lugano, Gartenunkraut, 1902, Schwingruber!; Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!**

— var. **latisecta** Thell. **n. var.**, foliorum segmentis latioribus, rhachi primaria 1³/₄—3 mm lata, paleis 1³/₄—2¹/₂ mm (in typo 1 mm) latis. Abschnitte der Laubblätter breiter, primäre Blattspindel 1³/₄—3 (statt 1—1¹/₂) mm breit, Spreublätter 1³/₄—2¹/₂ (statt 1) mm breit (so heimisch z. B. auf der Insel Rhodos). — Turnschanze Solothurn, 1904—5, Probst!, 1905 Binz!; angenähert auch Solothurn, Vorstadt beim Transformatorenhaus, 1907, Probst!

Anthemis tinctoria L. — Eine Form (?) mit blassgelben Strahlblüten: St. Jakob bei Basel, 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Anthemis ruthenica M. Bieb. (SO.-Eur., Kauk.). — Basel an der Verbindungsbahn (Hardstr.-Gellertstr.), 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz); Getreidelagerhäuser in Brunnen, 1907, Thellung.

Anthemis mixta L. (Medit.). — Monbijou bei Bern, 1901, Lüscher!

Chrysanthemum coronarium L. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!; Turnschanze und Malzfabrik Solothurn, 1905, Lüscher!; Getreidelagerhäuser in Brunnen, 1907, Thellung.

Chrysanthemum Myconis L. (Medit.). — Kiesgrube bei der Hardau Zürich III, 1905, Bucher!

****Cotula australis*** (Sieber) Hooker fil. (Austral., N.-Seeland, Tristan d'Acunha). - Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

Artemisia scoparia W. K. (O.-Eur., W.-As.). — Orbe (Vaud), 1893, Moehrlen!

****Artemisia selengensis*** Turcz. (A. Verlotorum Lamotte; ob spezifisch verschieden von A. vulgaris L.? — Zentr.-As., advent. in Frankreich). — Kiesgrube bei der Hardau Zürich III, 1906, Thellung; ? Genf beim neuen botan. Garten (Ariana), 1907, Thellung. (Die Pflanze von Genf ist nicht typisch; während sie in der Blattform völlig mit A. selengensis übereinstimmt, neigt sie in der Form der Hüllblätter vielmehr zu A. vulgaris. Für A. selengensis spricht die gegenüber der daneben wachsenden A. vulgaris beträchtlich verspätete Blütezeit.)

****Senecio gallicus*** Chaix (W.-Medit.). — Genf, auf Schutt beim Plainpalais, 1905, Thellung.

Echinops banaticus Rochel (SO.-Eur.). — Genf: talus d'un nouveau chemin conduisant de la route de Vernier au Bois des Frères, 1905: Beauverd in Bull. Herb. Boiss. 2. sér. VI (1906), 428.

Xeranthemum cylindraceum Sibth. u. Sm. (S.-Eur., SW.-As.). — Solothurn bei der Malzfabrik, 1907, Probst!

**Carduus pycnocephalus* (L.) Jacq. (Medit., Genf). — Turnschanze Solothurn, 1904—05, Probst!, 1905 Binz!, 1905—06 Lüscher!

Carduus acicularis Bertol. (S.-Frankr., Ital., Dalmat.). — Mit der vorigen Art, Probst!, Binz!, Lüscher! (= *C. leucographus* Probst! Beitr. Fl. Soloth. [1904], 37 non L.; die echte Linnésche Art ist also für die Schweiz zu streichen).

Carthamus tinctorius L. (trop. Afr.?; kult. im Mittelmeergebiet, Zentr.-Eur., W.-As., Ind., Japan etc.). — Schuttplatz bei Kreuzlingen, 1907, E. Baumann!

Cnicus benedictus L. (Medit.). — Dornach bei Basel: E. Suter nach Binz mscr.

Cichorium Intybus L. ssp. ***pumilum** (Jacq. pro spec.) (C. divaricatum Schousb., C. Intybus β divaricatum DC. Prodr., C. Intybus var. pumilum Fiori u. Paoletti. — Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1905, Lüscher!

Tolpis barbata (L.) Gärtner (W.-Medit. u. Griechenl.; oft Zierpfl.). — Zürich III, Bahnlinie beim Schlachthof, 1907, Werndli!

Zacintha verrucosa Gärtner (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904—05, Probst!, 1905 Binz!; Malzfabrik Solothurn, 1905, Lüscher!

Rhagadiolus stellatus (L.) Gärtner (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904—06, Probst!; Ruchfeld bei Basel, 1906: Binz mscr.

Hedypnois cretica (L.) Willd. (Medit.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

Picris Sprengeriana (L.) Poir. (Medit.). — Ruchfeld bei Basel, 1903: Binz mscr.; Turnschanze Solothurn, 1906, Probst!; Solothurner Malzfabrik, 1906, Lüscher!; Solothurn beim Baseltor, 1907, Probst!

Picris echioides L. (Medit.).

— var. **crepidiformis** Thell. **n. var.**, capitulis multo minoribus (involucro 6—7 mm diam.) et numerosioribus, in corymbum densum congestis; involucri foliolis exterioribus quam interiores 1/3 brevioribus, quam in typo angustioribus. Köpfe viel kleiner (6—7 mm im Durchmesser) und zahlreicher als beim Typus, dicht gedrängt in einem doldentraubigen Gesamtblütenstand; äussere Hüllblätter um ein Drittel kürzer als die inneren, relativ schmäler als beim Typus; sonst von diesem nicht verschieden. — Von allenfalls in Frage kommenden bereits beschriebenen Varietäten der P. echioides finde ich in der Literatur erwähnt: var. *pratensis* (Cheval.), unterscheidet sich von meiner Pflanze durch die äusseren Hüllblätter,

die die inneren an Länge erreichen; var. ***humifusa*** (Willd.) durch schlanke, niederliegende oder aufsteigende und ziemlich kahle Stengel, sowie durch fast wehrlose innere Hüllblätter, während bei meiner Varietät der Stengel kräftig und aufrecht und in aufrechte Äste verzweigt ist und die Hüllblätter gerade so stachelig sind wie beim Typus; *Helminthia lusitanica* Welw. differiert durch den sehr kurzen (statt der Frucht an Länge etwa gleichkommenden) Fruchtschnabel und relativ viel breitere äussere Hüllblätter. — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

****Rodigia commutata*** Sprengel (SO.-Eur., SW.-As.). — Turnschanze Solothurn, 1904, Probst!

Crepis rubra L. (Ital., Balkan, Kreta). — „Stalden", Herb. Baur! (vielleicht nur als Zierpflanze kultiviert).

Nachtrag.

Sicyos angulatus L. (N.-Am.; eingebürgert in O.-Eur.). — Ermatingen 1907: E. Baumann (briefl.).

Register der Gattungsnamen.

2.

Trapa natans L. in der Schweiz und in Oberitalien.

Von

Hans Schinz (Zürich).

(Hiezu Tafel XX.)

Über Trapa ist von schweizerischer Seite schon mehrfach geschrieben worden, so. wenn ich absehe von den Publikationen über die fossilen und halbfossilen Vorkommnisse, von Jäggi im Neujahrsblatt der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr 1884 (J. Jäggi, die Wassernuss, Trapa natans L. und der Tribulus der Alten) und von Schröter in den Archives des sciences phys. et naturelles, quatr. période, t. VIII, 1899 (C. Schröter, contribution à l'étude des variétés de Trapa natans L.); beides Abhandlungen von, für den uns hier interessierenden Gegenstand hoher Bedeutung. Anlässlich der Bearbeitung der Gattung für die kritische Flora der Schweiz von Schinz und Keller bin ich der Frage der Verbreitung der Wassernuss in der Schweiz auch näher getreten und habe gesucht, ein paar Fragen der Lösung näher zu bringen. Das Resultat dieser Nachforschungen, in denen mich neben meinem Sohne Hans und dessen Freunde Max Schläpfer namentlich die Herren Dr. Amberg, Dr. E. Vinassa und J. Schwingruber erfolgreich unterstützt haben und denen ich daher zu aufrichtigstem Danke verpflichtet bin, liegt den nachfolgenden Ausführungen zu Grunde.

Die mich in erster Linie interessierenden Fragen waren:

Gibt es ein untrügliches Unterscheidungsmittel zwischen der Trapa natans und der var. verbanensis?

Kommt Trapa natans var. verbanensis im Varese-See und vielleicht auch in der Schweiz vor?

Wie verhalten sich die Früchte der verbanensis in Bezug auf die Variabilität in der Ausbildung der Kelchfortsätze?

Gibt es Übergänge zwischen der natans, der verbanensis und der muzzanensis?

Gehört muzzanensis zur natans- oder zur verbanensis-Reihe?

Wohin gehören die von Dr. Amberg in der Bucht von Agno gesammelten Wassernüsse?

Entspricht die von Dr. Vinassa, Schwingruber, mir und meinem Sohne im Origlio-See gefundene Wassernuss zur natans- oder zur verbanensis-Reihe?

Kommt Trapa natans, abgesehen von der var. muzzanensis, überhaupt in der Schweiz noch vor?

Trapa natans L. var. verbanensis (De Notaris), Cesati, Passerini et Gibelli.

Meine Befunde betreffend die aus der Bucht von Angera, der klassischen Lokalität im Langensee stammenden, 1900 von Dr. Pestalozzi dort gesammelten Früchte der var. verbanensis (De Notaris) stimmen vollständig mit jenen meines Kollegen Schröter überein (l. c. pag. 7, Sep.-Abdr.). Unter den 138 Früchten, die alle noch mit dem Epikarp versehen sind, ist auch nicht eine einzige anormale: alle haben nur die transversalen Kelchspitzen ausgebildet und allen fehlt die so ausserordentlich charakteristische, scharfe „Umrahmungslinie"[1]). Genau dasselbe Resultat berichtet Schröter von seinen, ihm durch Prof. Mariani in Locarno, natürlich ebenfalls von Angera stammenden 162 Stück. Daneben lagen Schröter noch 28 ganze, von Malinverni gesammelte Früchte vor, unter denen sich vier Stück befanden, die auch die medianen Kelchspitzen — diese allerdings stumpf — ausgebildet hatten. Ob diese letztern in der Tat aus der Bucht von Angera stammten, muss ich dahin gestellt sein lassen, bis zur Stunde ist mir noch keine vierspitzige oder auch nur vierbuckelige Trapa natans vor die Augen gekommen, die nachweisbar dem Langensee entstammt wäre. Wie schon Schröter hervorhebt, können die zu Rosenkränzen gereihten, des Epikarps entbehrenden Früchte zur Beurteilung keineswegs beigezogen werden, denn eine Unterscheidung zwischen verbanensis und den verschiedenen Formen abnorm ausgebildeter, im übrigen aber typischer Trapa natans ist nur möglich an Hand der „Umrahmungslinie", da tatsächlich die Kerne mancher unzweifelhafter natans täuschend solchen der verbanensis gleichen. Dass natans in der Tat hinsichtlich der Aus-

[1]) Unter der Umrahmungslinie (der „ligne saillante" Schröters l. c.) verstehe ich die sehr scharfe, die seitlichen Kanten der Kelchfortsätze begleitende Linie, wie sie auf der Tafel bei verschiedenen Figuren (18—22) sehr deutlich zu Tage tritt.

bildung der medianen Kelchspitzen grossen Schwankungen unterworfen ist, geht unter anderm aus meinen Kulturversuchen hervor: aus zwei- und dreispitzigen natans-Früchten habe ich Pflanzen mit normalen natans-Früchten (vierspitzigen) und umgekehrt aus vierspitzigen natans-Früchten zwei-, drei- und vierspitzige Früchte, die aber ausnahmslos die „Umrahmungslinie" besassen, hervorgehen sehen. Die verbanensis entbehrt somit, das steht fest, der „Umrahmungslinie" und kann auf den ersten Blick von der natans unterschieden werden, sofern — und das ist allerdings unbedingt notwendig — das Epikarp erhalten ist. Die entfleischten Kerne lassen uns dagegen im Stich, denn, obwohl die verbanensis gar nicht variiert, sind zweispitzige natans, wie ich im Nachfolgenden zeigen werde, nicht gerade selten.

Hinsichtlich der Verbreitung der verbanensis ist zu bemerken, dass die Form, abgesehen von der Bucht von Angera im Langensee, noch angegeben wird für die Seen von Mantova (Cesati, Passerini und Gibelli in Comp. Fl. Ital. [1869/70], 646, Arcangeli, Flora italiana [1894], 561, Fiori e Paoletti, Flora analitica d'Italia, II [1899], 135), für Veronese nelle valli del Tartaro (Fiori e Paoletti, l. c., IV, App. [1907], 148) und endlich von Thiselton-Dyer (Journ. Linn. Soc. XX [1883], 414) für den Varese-See, welche Notiz auch übergegangen ist in das höchst interessante Referat Aschersons über das, Die Wassernuss, Trapa natans L. und der Tribulus der Alten betitelte Neujahrsblatt der zürcher. naturforschenden Gesellschaft für das Jahr 1884 von Jäggi, im botanischen Zentralblatt XVII (1884), 244 und in die vortreffliche Flora analitica von Fiori und Paoletti. Thiselton-Dyer's Notiz beruht auf einer Mitteilung Sir George MacLeay; ich möchte aber fast mit absoluter Sicherheit behaupten, dass die Angabe irrig ist. Unter den vielen mir vorgelegenen, aus dem Varese-See stammenden Früchten ist mir niemals auch nur eine einzige verbanensis vorgekommen, wohl aber recht viele abnorm ausgebildete Früchte der natans, die, namentlich wenn sie des Epikarps entbehrten, vom Nichtkenner ganz sicher zu verbanensis gestellt würden. Wahrscheinlich liegt bei MacLeay eine ähnliche Täuschung vor, und wir werden daher besser tun, den Varese-See, bis wir eines bessern belehrt werden können, von der Liste der Fundorte der verbanensis zu streichen.

Damit komme ich überhaupt auf die Trapa natans des Varese-Sees zu sprechen.

Entgegen der von Fiori e Paoletti, Ascherson u. A. vertretenen Ansicht, halte ich, wie oben bemerkt, dafür, dass im Varese-See nur eine Trapaform, nämlich die natans vorkommt, allermindestens ist

das Vorkommen der verbanensis bis zur Stunde noch durch nicht einen einzigen Fund belegt.

Die Trapa des Varese-Sees zeichnet sich aus durch eine überaus grosse Variabilität in der Ausbildung der medianen Kelchspitzen; sie stimmt in dieser Hinsicht in auffallender Weise überein mit den Früchten aus dem Gross-Kühnauer-See bei Dessau und dem Gross- und Klein-See bei Grünewalde in der Niederlausitz. Von 137 Früchten des erstgenannten Standortes waren (vergl. Schröter l. c., pag. 3 des Sep.-Abdr.) 125 normal, d. h. alle 4 Spitzen waren entwickelt, 12 dagegen waren anormal, d. h. es waren entweder nur 3 oder nur 2 Spitzen ausgebildet, wozu Schröter bemerkt, dass die Nichtausbildung eines der beiden transversalen Kelchfortsätze ein sehr seltener Fall sei. Hinsichtlich der in den genannten Seen der Niederlausitz gesammelten Trapafrüchten drückt sich Jacobasch (Abhandl. des bot. Ver. Prov. Brandenburg XXVI [1884], 65) folgendermassen aus:

„Die in beiden erwähnten Seen gesammelten Früchte sind teils typisch vierdornig, teils zeigen sie drei und zum grössten Teil nur zwei Dornen. Es kommen diese drei Formen in allen Übergangsstadien und zwar an derselben Staude vor. Die mit drei und vier Dornen sind meist grösser, also augenscheinlich vollkommener entwickelt. Eine in diesem Jahr erhaltene „Nuss“ hat sogar nur einen entwickelten Dorn, während der gegenüberliegende wie amputiert erscheint, ohne dass irgend eine Verletzung daran wahrzunehmen wäre.“

Aus dem Varese-See sind mir zwei Sendungen von Trapafrüchten zugekommen; eine erste Sendung stammt aus dem Jahre 1900, und zwar verdanke ich dieselbe Frau Baumann in Gavirate, sie zählt 2133 Stück, die zweite Kollektion wurde im Laufe dieses Herbstes von einem sehr strebsamen, jungen Naturwissenschafter namens Max Schläpfer, am Ost-Ufer des Sees zusammengebracht und beziffert sich auf 212 Stück. Die sämtlichen 2345 Früchte dieser beiden Serien sind vollständig, d. h. das Epikarp war zur Zeit der Untersuchung oder ist zur Stunde noch vorhanden, und an den sämtlichen Exemplaren lässt sich, es liegt auch nicht eine einzige Ausnahme vor, unschwer die starke Kantenlinie (Umrahmungslinie) nachweisen.

Von den 2133 Stück der ersten Kollektion sind 1911 normal, der Rest zeigt alle Übergänge vom beginnenden — bis zum vollständigen Abortus des einen oder beider medianen Kelchfortsätze.

Unter den 212 Früchten der Serie Schläpfer waren 154 normale und 58, wiederum alle nur denkbaren Zwischenstadien aufweisende, anormale Früchte zu konstatieren.

Die Schwankungen in der Ausbildung der Kelchfortsätze beschränken sich, und das scheint mir erwähnenswert, fast ausschliesslich auf die medianen Kelchzipfel, unter zirka 2500 untersuchten Früchten der natans habe ich nur 5 Stück gefunden, bei denen einer der transversalen Kelchfortsätze deformiert, d. h. stumpf und im Wachstum zurückgeblieben war.

Ich möchte vorläufig noch vermuten, dass Witterungsverhältnisse zur Zeit der Anthese und nachdem, die Hauptschuld an diesen Schwankungen in der Kelchspitzenausbildung tragen, wenigstens habe ich mehrfach in meinen Kulturen beobachtet, dass die erst spät im Jahre sich entwickelnden Blüten abnorme Früchte zeitigten, mehrfach Formen, die zu var. elongata Nathorst hinneigten oder in der Ausbildung der medianen Spitzen alle nur denkbaren Variationen aufwiesen.

Hält man sich alle diese Tatsachen und Befunde vor Augen, so ist es erklärlich, wie man zu der Ansicht kommen konnte, im Varese-See finden sich beide Trapaformen, die natans wie die verbanensis, denn die extrem anormalen Exemplare der natans gleichen im „Kern“ so sehr der „entfleischten“ verbanensis, dass eine Verwechslung für den mit diesem Variationsvermögen Unvertrauten sehr entschuldbar ist. Und wenn daher Gibelli (Ascherson im bot. Zentralblatt XVII [1884], 244) an in Modena kultivierten Früchten beobachtet haben will, dass aus verbanensis-Früchten Pflanzen mit dreizackigen Früchten hervorgingen, so liegt für mich die Vermutung sehr nahe, dass Gibelli überhaupt nicht verbanensis-Früchte, sondern anormale, zweizackige Früchte der natans verwendet hat.

Von natans und verbanensis ist sehr leicht die in dem kleinen, bei Sorengo ob Lugano im Kanton Tessin gelegenen Muzzano-See vorkommende muzzanensis zu unterscheiden. Die Frucht derselben besitzt nämlich zwischen den vier Kelchspitzen je einen deutlichen, abgesetzten, stumpfen Zwischenhöcker, eine Zugabe, die sowohl der natans wie der verbanensis fehlt. An den noch vom Epikarp umhüllten Früchten (Fig. 22) tritt die Umrahmungslinie der Kelchfortsätze deutlich hervor!

Als weiteren Fundort der Wassernuss wird schon von Comolli (Flora Comense, I [1834] 201) und 1888 von Lenticchia (Franzoni, Le piante fanerogame della Svizzera insubrica, pag. 88) die Bucht von Agno des Ceresio erwähnt. Tatsächlich sind denn auch im Herbst 1895 von Dr. Amberg an dortiger Stelle acht, zum Teil etwas zertrümmerte Steinkerne einer Trapa gefunden worden, deren sowohl Schröter (l. c., pag. 6) wie auch Schinz und Keller in deren Flora der Schweiz (zweiter Teil, kritische Flora [1905], 160)

Erwähnung tun. Seitdem ist die Pflanze, bezw. die Frucht, dort nicht mehr gefunden worden, obschon ich selbst mehrfach in Begleitung meines Sohnes Hans die ganze Bucht sorgfältig abgesucht habe. Ich habe auch meine beiden Freunde Dr. Vinassa und Schwingruber in Lugano, die beide die verloren geglaubte Origlio-Trapa wieder entdeckt haben, gebeten, Nachschau zu halten, mit demselben negativen Erfolg. Dr. Vinassa schreibt mir am 16. X. 06:

„Der heutige Tag galt der Trapa im Luganersee bei Figino bis Magliaso; doch konnten wir nichts entdecken, obwohl der Barkenführer früher Unterförster war. Früher sei sie so häufig gewesen, dass man sie korbweise auf den Markt nach Varese (?, Schinz) brachte. Seit zwei Jahren sind sie verschwunden." Wir werden daher wohl die Hoffnung aufzugeben haben, die Agno-Trapa wieder in unseren Floren aufführen zu können, und sind gezwungen, uns an die von Amberg gefundenen letzten „Zeugen" zu halten. Da an keiner dieser Früchte das Epikarp erhalten geblieben ist, lässt uns das einzige Unterscheidungsmerkmal zwischen verbanensis und der natans, die mehrfach erwähnte Umrahmungslinie im Stiche. Die Vermutung, es möchte sich um eine zu verbanensis gehörende Form handeln, lag s. Z. für mich sehr nahe, da den Ambergschen „Nüssen" nur zwei spitze Kelchfortsätze zugeschrieben worden waren. Nachdem ich nun aber über 2000 natans geprüft habe und ich mit dem grossen Variationsvermögen dieser Form bekannt geworden bin, hege ich gar keinen Zweifel mehr, dass die Frucht der Agnobucht mit verbanensis nichts zu tun hat, sondern vielmehr zu natans gehört, wie ich denn auch aus dem Varese-See natans-Exemplare besitze, die nahezu in jeder Einzelheit mit der Agno-natans übereinstimmen (z. B. Fig. 13 u. 19). Zu all dem kommt noch, dass bei einzelnen der Agno-Exemplare die Anlage eines medianen Fortsatzes ganz deutlich wahrzunehmen ist, mindestens so gut wie bei zahlreichen Varese-Früchten.

Damit, d. h. unter Zuziehung der Befunde an den gleich zu erwähnenden Origlio-Früchten, scheint mir diese Frage endgültig gelöst zu sein. Bedauerlich ist es, dass die Pflanze selbst verschwunden ist, war sie doch, meiner frühern Auffassung entsprechend, bis anhin noch der letzte Zeuge auf Schweizerboden des ehemaligen Vorkommens der typischen Trapa natans. — Um so erfreulicher ist es nun, dass es gelungen ist, einen verloren geglaubten weitern Standort der Wassernuss neuerdings aufzufinden, nämlich die Lokalität im Origlio-See. Der 250 m lange und 125 m breite, 413 m über Meer, 79 m über dem Muzzano-See und 136 m über Lugano gelegene See befindet sich in einer Senke der Pieve Capriasca, 5½ km nördlich von Lugano. Er erhält seinen Zufluss von Osten her und sendet

seinen $2^1/_2$ km langen Ausfluss durch Wiesen und ein kleines Tobel zum Vedeggio, in den er in 345 m mündet. Der Vedeggio gibt sein Wasser an den Ceresio ab und zwar in der Bucht von Agno.

Schon Lenticchia (l. c., pag. 88) gibt den Origlio-See als Fundort an; Exemplare sind aber meines Wissens niemals bekannt geworden, und ich habe mich daher in den letzten 10 Jahren fast alljährlich bemüht, der Sache auf die Spur zu kommen. Nachdem meine eigenen Bemühungen resultatlos geblieben waren, ersuchte ich meine so überaus findigen Freunde Dr. Vinassa und Schwingruber, dem Seelein einen Besuch zu machen, und beide sind im Herbste vergangenen Jahres (1906) anlässlich einer von ihnen vorgenommenen gemeinsamen Begehung der Lokalität so glücklich gewesen, einige, 4, Früchte (Steinkerne) zu finden. Später hat dann Dr. Vinassa die Lokalität mit seinem Sohne wiederum besucht, wobei der letztere in den See hinausgeschwommen ist und mich in der Folge in den Besitz zwei von lebenden Pflanzen setzte, von denen ich eine im botanischen Garten in Zürich weiter kultivierte. Diese eine Pflanze zeitigte eine reife Frucht im Warmhaus unseres bot. Gartens, und von dieser Frucht habe ich heuer im Freiland des Gartens eine weitere Pflanze gezogen, von der ich vor kurzem 10 reife Früchte geerntet habe. Die Mutterfrucht besass zwei perfekte transversale Kelchspitzen, eine starke mediane und eine nur schwach ausgebildete, vierte, mediane Spitze; die heuer geernteten Früchte sind alle normal, allerdings zum Teil sehr klein und sicherlich nicht durchwegs keimfähig, sie haben sich zu spät entwickelt, die Mutterpflanze war bereits erschöpft, und der Sommer war längst zur Neige gegangen. Im Besitze eines verhältnismässig so reichen Materials, ist die Zugehörigkeit dieser Form nun unschwer zu erkennen: die Umrahmungslinie ist vorhanden (Fig. 20), die Variation in der Ausbildung der Kelchfortsätze bewegt sich innerhalb der für die Varese-Nuss angegebenen Grenzen, Zwischenhöcker fehlen, also wird es sich um die natans handeln, und damit wäre das Vorkommen der typischen Trapa natans für die Schweiz nochmals sicher gestellt. Nun erklären sich auch die Funde bei Agno: die Bucht von Agno und der Origlio-See stehen durch den Vedeggio und den Ausfluss des letztern in Kommunikation; wahrscheinlich sind die Pflanzen, ich möchte annehmen die Früchte, vom Origlio-See abwärts in den Ceresio gewandert.

Ich füge nun noch hinzu, dass ich im Frühjahr dieses Jahres den See in Begleitung meines Sohnes Hans auch besucht habe, und dass wir an einer bestimmten Stelle, aber nur an dieser, binnen ganz kurzer Zeit 9 Früchte auflasen, von diesen hatten:



Fruchtformen von Trapa natans L.

Stück vier wohlausgebildete Kelchfortsätze; bei einem dieser vier Exemplare waren die vier Spitzen tadellos, bei dreien war einer der medianen Fortsätze $\pm$ stumpflich;
i 3 Früchten waren die transversalen Fortsätze spitz, die beiden medianen zwar deutlich, aber stumpf;
i 1 Exemplar war nur ein transversaler Fortsatz spitz, der zweite gleich den medianen stumpf;
letztes Exemplar war unvollständig, d. h. zertrümmert [1]).

Von Comolli (l. c., pag. 203) werden auch noch die Sümpfe bei ›lico und bei Porlezza, beide ausserhalb der Schweiz, aber doch weit der Grenze gelegen, als Standorte der Trapa genannt. Bei ›lico habe ich, bei Porlezza hat Dr. Vinassa vergeblich nach r Pflanze gesucht, und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich : beide Lokalitäten die Wassernuss als ausgestorben registriere.

Jäggi, Schröter und auch ich (in der Flora der Schweiz) ben bis anhin die verbanensis wie die muzzanensis als Varieten der natans aufgefasst, als Varietäten, denen die Nathorstschen ırietäten subcoronata, coronata, elongata coordiniert wurden. ı neige heute zu einer etwas andern Auffassung. Subcoronata ıthorst, coronata Nathorst, elongata Nathorst sind für mich ırietäten im Wettsteinschen Sinne (Handbuch der System. Botanik, 1901], 13) [2]), die nicht oder in geringen Masse vererbbar sind und

[1]) Hoffentlich bemächtigen sich die „En gros"-Sammler nicht auch etwa ses einsam gelegenen Standortes, denn sonst wird dieser vermutlich letzte Zeuge ıon in wenigen Jahren verschwunden sein. In dem von dem verdienstvollen Wiener taniker Dörfler herausgegebenen Herbarium normale ist kürzlich unter der Numr 4719 Trapa natans var. muzzanensis aus dem Muzzano-See verteilt worden, von er Lokalität also, die in absehbarer Zeit hinsichtlich der Trapa auch nur noch torische Bedeutung haben wird, denn die Zahl der Pflanzen nimmt dort Jahr für ır zusehends ab, nicht zum geringsten Teil, weil ihr Liebhaber und Botaniker so tlos auf den Leib rücken. Die im Herbarium niedergelegte Pflanze zeigt Unterschiede, auf die es ankommt, nicht einmal, die sind nur an der mehr ɜr minder ausgewachsenen Frucht zu erkennen, und bei der Muzzano-Form ge-ʒt zudem der tote „Kern". Damit will ich indessen, wohlverstanden, dem Heraus-ɔer des Herbarium normale, keinen Vorwurf machen, wohl aber den auf der kette genannten Sammler bitten, nicht etwa im kommenden Jahre auch die ans aus dem Origlio-See zur Verteilung zu bringen! Hinsichtlich der Etikette der erwähnten Nummer 4719 habe ich übrigens zu bemerken, dass Jäggi die ; dem Muzzano-See stammende Frucht im Neujahrsblatt der zürch. naturforschenı Gesellschaft auf das Jahr 1884 nicht benannt hat, sondern dass die Beschreiıng und Benennung, unter Beibehaltung der Autorschaft meines frühern Lehrers ɔf. Jäggi durch Schröter im Jahrb. der kgl. preussischen geologischen Landesstalt und Bergakademie (1884), 432 erfolgt ist.

[2]) So habe ich mehrfach bei Kulturen Formen der Varietäten subcoronata ben solchen der coronata beobachtet und feststellen können, dass zwischen beiden ɔlreiche Übergänge existieren. Ich halte diese Formen nicht für vererbbar.

die abhängig sind von den Witterungsverhältnissen, während den Formen verbanensis und muzzanensis, bei geringem Variationsvermögen, entschieden ein dem Artbegriff näherstehender Rang zukommt. Ich würde daher vorschlagen, drei Unterarten aufzustellen, die unter dem Sammelbegriff Trapa natans L. zusammengefasst würden:

Trapa natans L.
ssp. natans (L.) Schinz mit den var. subcoronata Nathorst, coronata Nathorst, elongata Nathorst.
ssp. verbanensis (De Notaris) Schinz.
ssp. muzzanensis (Jäggi) Schinz.

Meine Antworten auf die eingangs gestellten Fragen würden somit nun lauten:

Verbanensis- und natans-Früchte sind leicht an Hand der Umrahmungslinie zu unterscheiden.

Trapa natans ssp. verbanensis fehlt dem Varese-See und kommt auch in der Schweiz nicht vor.

Die Früchte der verbanensis zeigen überraschend geringe Neigung zu Variation.

Zwischen verbanensis, natans und muzzanensis sind keine Übergänge bekannt.

Trapa natans ssp. muzzanensis steht der ssp. natans näher als der ssp. verbanensis. (Umrahmungslinie!).

Die Ambergschen Früchte vom Ceresio-See (Agno-Bucht) gehören zur ssp. natans.

Die im Origlio-See gefundenen Trapapflanzen gehören gleichfalls zur ssp. natans und nicht zur ssp. verbanensis.

Die Wassernuss kommt heute in der Schweiz, abgesehen vom Muzzano-See, noch spontan im Origlio-See vor.

Erklärung der Tafel XX.

Fig. 1—4. Von im botanischen Garten Zürich kultivierten Pflanzen geerntete Früchte von Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz; Ururenkel von aus dem Varese-See stammenden Früchten.

Fig. 5. Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz aus dem Origlio-See.

Fig. 6 u. 7. Unvollkommen ausgebildete Früchte von Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz (Kulturpflanzen wie 1—4); bei Frucht 7 sind die medianen Kelchspitzen nur angedeutet.

Fig. 8—10. Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz aus dem Origlio-See, mit 5 gesammelt von Dr. Vinassa und Schwingruber (Fig. 8 teilweise zertrümmert), mit abortierten medianen Spitzen.

Fig. 11—13. Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz von Agno, gesammelt von Dr. Amberg; Fig. 11 mit zwei gut entwickelten transversalen Spitzen, der vordere mediane Fortsatz kräftig, der abgewendete (nicht sichtbare) etwas schwächer, bei 12 und 13 die medianen Höcker noch schwächer ausgebildet nichtsdestoweniger nachweisbar.

Fig. 14—16. Trapa natans L. ssp. muzzanensis (Jäggi) Schinz aus dem Muzzano-See,

Fig. 17. Trapa natans L. ssp. verbanensis (De Notaris) Schinz; Frucht noch im Epikarp steckend.

Fig. 18 u. 19. Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz (Kulturfrüchte wie 1—4 und 6 u. 7); alle Früchte im Epikarp, 19 mit abortierten medianen Fortsätzen.

Fig. 20. Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz (kultiviert im botanischen Garten Zürich, stammend von im Origlio-See von Dr. Vinassa gesammelter Frucht) Die Frucht mit dem Epikarp.

Fig. 21. Trapa natans L. ssp. natans (L.) Schinz vom Varese-See, mit dem Epikarp; die medianen Fortsätze abortiert.

Fig. 22. Trapa natans L. ssp. muzzanensis (Jäggi) Schinz mit Epikarp. An den Früchten 18—22 ist die „Umrahmungslinie" deutlich wahrnehmbar (auch bei 20 mit der Lupe, noch besser als im Bilde am Objekt selbst); Frucht 17 entbehrt derselben durchaus.

Gliederung und Facies der Berrias-Valangien-Sedimente in den helvetischen Alpen.

Von

ARNOLD HEIM.

Inhalt:

Stets zu vergleichen Tabelle pag. 495 und Figur pag. 498.

Methoden der Altersbestimmung.

Zur relativen Altersbestimmung der Sedimente können wir zweierlei Methoden anwenden: die paläontologische und die vergleichend lithologische. Unter allen Umständen müssen wir die erste zum Ausgangspunkt wählen. Allein das einseitige Vorgehen nach der alten paläontologischen Methode hat namentlich in den Schweizeralpen zu vielfachen Fehlschlüssen geführt — im besonderen betrifft dies die Stratigraphie der Berrias-Valangien-Sedimente. Verschiedene Facies enthalten verschiedene Fossilien und Facies-Petrefakten dürfen nicht zur genauen Fixierung der geologischen Zeitabschnitte verwendet werden. Nur reiche Cephalopodenfaunen dürfen wir vorläufig als feststehende Skalenteile der geologischen Zeitrechnung betrachten. Mit der paläontologischen Methode können wir aber nur solche Gesteine zeitlich bestimmen, die reiche Faunen enthalten, und bekanntlich sind unsere helvetischen Alpen im allgemeinen sehr arm an solchen. Wenn wir zu einem energischen Fortschritte in der Stratigraphie unserer Alpen gelangen wollen, so müssen wir folgendermassen vorgehen: Wir suchen nach reichen Cephalopodenfaunen, deren stratigraphisches Niveau sich mit grösster Schärfe bestimmen lässt. Dann gehen wir den bestimmten Schichten entlang durch das ganze Falten- und Deckenwerk hindurch, indem wir diese in richtiger Weise abgewickelt denken. Wir finden alle lithologischen Übergänge von der einen Facies in eine ganz andere, die keine zur paläontologischen Bestimmung brauchbaren Petrefakten mehr enthält; aber

wir erkennen immer noch die gleichen Schichtfugen und können auch die Horizonte der anderen Facies mit aller Schärfe bestimmen.

Mittelst vergleichend lithologischer Methode haben Kilian[1]) und Baumberger[2]) das Alter des früheren unteren Valangien (Désor 1854) als Berriasien bestimmt, und es ist sehr erfreulich, dass sich ein Paläontologe (E. Baumberger l. c. pag. 13) darüber folgendermassen ausspricht:

„Die Frage der zeitlichen Äquivalenz ist nicht durch die paläontologische Methode zu lösen, sondern nur durch eine oft mühsame Untersuchung der lateralen Übergänge."

Mit der vorliegenden kurzen Mitteilung gebe ich nur einen kleinen Auszug über Studien, die noch nicht abgeschlossen sind. Es ist ein Versuch, die vergleichend lithologische Methode in die Stratigraphie der helvetischen Alpen einzuführen. Ich wähle hierzu die bis jetzt am wenigsten bekannten Sedimente der tiefsten Kreide. Nachdem nun der Zusammenhang der helvetischen Decken in grossen Zügen klargelegt ist, wird sich eine grosse Zahl von stratigraphischen Problemen mit der vergleichend lithologischen Methode lösen lassen.

Bisherige Auffassungen über Berrias-Valangien.

Bis 1905 wurde meistens der untere Teil des Kieselkalkes (oder der ganze) als Valangien aufgefasst, so namentlich seit Kaufmann 1867. Im Säntisgebirge kannte Arnold Escher schon vor mehr als 50 Jahren die Pygurusschichten mit Pygurus rostratus Ag., die er schon damals richtig als Valangien auffasste. Die liegenden grauen Kalke fasste er zum Teil als Valangien, zum Teil als Schrattenkalk auf. Mösch[3]) meinte, die Pygurusschichten stellen das tiefste Valangien dar.

Die bathyale Facies des Valangien wurde von U. Stutz, C. Mösch, Mayer-Eymar, Alb. Heim, C. Schmidt bis 1893 als Tithon aufgefasst. Mösch veränderte seine Auffassung 1893 und zum Teil schon 1881, verneinte die Pygope diphya, bestimmte sie als P. diphyoides und stellte infolgedessen ebenso wie Vacek[4]) 1879 und 1880, Kaufmann 1886, Burckhardt 1896, Tobler 1895 und 1899, P. Arbenz 1905, J. Pannekoek 1905, A. Tobler und A. Buxtorf 1905, Gerber und Helgers bis 1906 die Kalk-Schichten, aus denen Pygope diphyoides und Aptychus Didayi stammen, zum Berriasien. Die genannten Faciesfossilien haben einen

---

[1]) W. Kilian et P. Lory. Notices géologiques sur divers points des Alpes françaises.

[2]) E. Baumberger, Über Facies und Transgressionen der unteren Kreide etc. Ber. d. Töchterschule Basel 1901.

[3]) In Escher, Säntis-Gruppe. Beitr. z. g. K. d. Schw. 1878 pag. 42.

[4]) M. Vacek, Über Vorarlberger Kreide. Jahrb. d. k. k. g. R. 1879.

verhängnisvollen Einfluss beim ausschliesslichen Gebrauch der paläontologischen Methode ausgeübt, obwohl schon durch Kilian 1888 nachgewiesen war, dass diese keineswegs auf das Berriasien beschränkt sind, und durch Paquier 1900 gezeigt wurde, dass die Pygope diphyoides in Südost-Frankreich sogar bis ins Barrémien hinaufgeht.

M. Vacek verwundert sich (l. c. 1879 pag. 661), dass sich in den schweizer Museen die Petrefakten der „Berriasschichten" unter der Bezeichnung Valangien vorfinden. Vacek hat wie alle anderen den Fehler gemacht, ausser dem wirklichen Berriasien auch das Valangien in bathyaler Facies als Berrias anzusprechen, während umgekehrt in der Schweiz die korallenführende und oolithische Facies des Berriasien, wo nicht mit Schrattenkalk (Escher, Säntis, Albert Heim 1891 Silberngebiet, Rothpletz, Säntis) oder Jura (Baltzer, Glärnisch) verwechselt, allgemein als „Valangien" bezeichnet wurde.

A. Rothpletz hat 1898 einen vereinzelt stehenden, glücklichen Griff gemacht, indem er den hellen Kalk am Glärnisch-Guppen zum Berrias rechnete. Ebenso erkannte er, dass der vermeintliche verkehrte Schrattenkalk am Wiggis dem Valangien angehört. Allein auch bei ihm erscheinen an andern Orten die gebräuchlichen Verwirrungen.

Noch 1905 wurde von Arbenz, Pannekoek, A. Tobler und A. Buxtorf der dem mittleren Valangien angehörende Diphyoideskalk als Berrias aufgefasst, während der stratigraphisch tiefer liegende Kalk der corallogenen Facies von A. Tobler und A. Buxtorf als „Korallenoolith" ins Valangien gestellt und von mir gleichzeitig als „Unterer Valangienkalk" bezeichnet wurde.

Grenze von Berriasien und Valangien.

Ich fasse in Übereinstimmung mit fast allen neueren Autoren das Valangien als Zeitbegriff im engeren Sinne auf und stelle es dem tieferen Berriasien als gleichwertige Zeitstufe gegenüber.

Die untere Grenze des Valangien ist im neritischen Faciesgebiet lithologisch äusserst scharf, aber paläontologisch kaum zu ermitteln. Im bathyalen Faciesgebiet ist eine lithologische Grenze kaum erkennbar, und die seltenen Cephalopoden lassen zur Zeit ebenso keine sichere Grenze ermitteln. Es bleibt für die Abgrenzung vorläufig nur folgende Ermittelung:

1. Über den durch eine Ammonitenfauna als Tithon festgelegten Zementsteinschichten hat die Sedimentation in der Ost- und Zentralschweiz bis zum sicheren Valangien keinen Unterbruch erfahren. Die unmittelbar über dem Tithon liegenden Sedimente müssen also dem Berriasien angehören.

2. Die lithologische Übereinstimmung der entsprechenden cephalopodenreichen Sedimente von Südost-Frankreich mit dem bathyalen Faciesgebiet und die Übereinstimmung des Juragebirges bei Valangin mit dem neritischen oder subneritischen Gebiet der helvetischen Alpen ist so gross, dass wir kaum fehlgehen können, wenn wir die stratigraphisch gleichhohen Sedimente auch als gleichalterig betrachten. Es ergibt sich hieraus

„Marnes valanginiennes“ = „marnes à Ammonites pyriteux“ = Zone des Hoplites pexiptychus und Duvalia lata von Südost-Frankreich = „untere Coulonischichten“[1]) der Zentralschweiz (Stutz, Tobler und Buxtorf 1905) = obere Valangienmergel des Säntisgebirges (Arn. Heim 1905) = **Valangienmergel** = **unteres Valangien.**

„Marbre bâtard“ des Juragebirges = „Korallenoolith“ der Zentralschweiz (Tobler und Buxtorf 1905) = „unterer Valangienkalk“ des Säntis (Arn. Heim 1905) = **Öhrlikalk** = **korallogener und oolithischer oberer Teil des Berriasien.**

Das Valangien.

A. Buxtorf hat 1905 eine ausserordentlich reiche Cephalopodenfauna des oberen Valangien am Pilatus entdeckt. Daraufhin fand ich die gleiche Ammonitenschicht, die wir mit A. Buxtorf nach der Fundstelle am Pilatus als Gemsmättlischicht bezeichnen, auch in den Churfirsten. Ferner fand ich eine an der Basis des Kieselkalkes liegende, bisher unbekannte Ammonitenschicht am Mattstock[2]), die durch die palaeontologische Untersuchung von E. Baumberger[3]) mit aller Schärfe als Hauterivien bestimmt werden konnte. Dadurch ist die obere Grenze des Valangien in der Ostschweiz messerscharf bestimmt worden. Wir benützen diese Grenze als Ausgangspunkt für die Altersbestimmung der anderen helvetischen Facies.

Das obere Valangien: Pygurusschichten und Gemsmättlischicht.

Das obere Valangien ist im allgemeinen in den helvetischen Alpen sehr lückenhaft entwickelt und aus dem bathyalen Faciesgebiet unbekannt.

---

[1]) Die Bezeichnungen „obere“ und „untere Coulonischichten“ müssen fallen gelassen werden, weil auch im Berriasmergel (unter dem Öhrlikalk) Schichten voll Exogyra Conloni vorkommen.

[2]) Vergl. geologische Karte der Gebirge am Walensee 1 : 25 000 v. Arnold Heim und J. Oberholzer 1907.

[3]) Ernst Baumberger, Arnold Heim und A. Buxtorf: Palaeontologisch-stratigraphische Untersuchung zweier Fossilhorizonte an der Valangien-Hauterivien-Grenze im Churfirsten-Mattstockgebiet. Abh. d. schw. pal. Ges. Vol. XXXIV. 1907.

In den östlichen Schweizeralpen ist es zweiteilig und besteht von oben nach unten aus

b) Pygurusschicht. Echinodermenbreccie bis grober Quarzsandstein, bis 15 m mächtig im Säntisgebirge, meist aber nur wenige Meter, mit Neithea atava Röm. (Pecten) und Pygurus rostratus Ag. Meist scharfe Grenze nach unten und oben.

a) Gemsmättlischicht. 10—30 cm dicke, etwas sandige, mehr oder weniger glauconitische Kalkschicht ganz mit Petrefakten, meist Ammonitensteinkernen erfüllt. Bekannt vom Pilatus und den Churfirsten (näheres in der zitierten Arbeit. Abh. d. schw. pal. Ges. 1907).

Hoplites (Neocomites) neocomiensis d'Orb.
Hoplites pseudopexiptychus Baumberger etc.

Verfolgen wir das obere Valangien nach ursprünglich südlicheren Regionen, so beobachten wir, wie die Gemsmättlischicht auskeilt und auch die Pygurusschichten verschwinden. An Stelle dessen finden wir eine zwar nicht immer sichtbare scharfe Gesteinsgrenze von Schiefer oder schieferigem Kieselkalk auf schieferigem Diphyoideskalk (Alvier, Pragelpass etc.; vergl. Figur pag. 498).

In den ursprünglich nördlicheren, tieferen helvetischen Decken sind die Pygurusschichten als braune Echinodermenbreccie mit zurücktretendem Quarzsand nicht so scharf vom liegenden Valangienkalk unterschieden. Die Gemsmättlischicht fehlt, oft fehlt auch (Deyenstock, Silbern, Schönerkulmpass etc.) dazu noch die Echinodermenbreccie. Der kurze Zeitabschnitt des oberen Valangien hat stellenweise keine Sedimente geliefert.

Die Gemsmättlischicht ist bekannt vom Thunersee bis in die Churfirsten (Vorarlberg?). Ihr Verbreitungsgebiet fällt nach Ausglättung der Falten und Decken in eine schmale Zone annähernd parallel dem jetzigen Alpenrand. Sie entspricht vielleicht dem Zusammentreffen zweier nahe dem Rand der helvetischen Geosynclinale entlang ziehenden Meeresströmungen.

Das mittlere Valangien: Valangienkalk.

Bekannt ist der „obere Valangienkalk“[1]) aus dem Säntisgebirge als ein grau angewitterter, spätiger Kalk mit häufigen Kieselknauern. Er wird über 50 m mächtig; sein unterer Teil ist häufig ausgezeichnet durch braun angewitterte, grobe Echinodermenbreccie (Säntis-Mesmer, Dreifaltigkeits-Zähne, Mattstock).

[1]) Meine frühere Bezeichnung oberer Valangienkalk hat keinen Sinn mehr, seitdem ich den „unteren“ Valangienkalk ins Berriasien stelle. Es genügt also zu sagen Valangienkalk.

Verfolgen wir diesen nach ursprünglich südlicheren Regionen, so sehen wir ihn ganz allmählich gegen die östlichen Churfirsten hin schieferiger werden. Die spätigen Partieen treten zurück; der Kalk wird dichter, plattiger bis schieferig, verliert die Kieselknollen, wittert gelblich an, enthält Aptychen und Pygope diphyoides. Die Milioliden treten zurück zu Gunsten kleiner, feinschaliger Foraminiferen. Es ist die bathyale Facies des mittleren Valangien. Die gleiche Veränderung von der Facies des Säntis in die bathyale Diphyoidesfacies können wir zwischen Reuss und Rhein sonst einzig noch in der Rädertendecke (Rädertenstock) beobachten.

In gleicher bathyaler Ausbildung wie am Alvier ist der Valangienkalk bekannt aus dem Vorarlberg, der Rädertendecke südwestlich des Rädertenstocks, der Drusbergdecke: Schweinalp [1]), Pragel, Frohnalpstock, Sisikon-Axenstrasse, Bauen, Brisen, Brünig, Brienzerrothorn, Morgenberghornkette etc.). Er erreicht in der östlichen Schweiz seine maximale Mächtigkeit am Alvier und Pragel mit ca. 60 m. Sonderbarerweise ist die Mächtigkeit in der Übergangszone vom nördlichen (subneritischen) zum südlichen (bathyalen) Faciescharakter am geringsten, so bei Obersäss in den Churfirsten (ca. 13 m), am Rädertenstock (6 m, mechanisch reduziert?), Gemsmättli am Pilatus (ca. 8 m), woselbst die gelbliche Anwitterungsfarbe schon die Nähe der Diphyoidesfacies verrät, während Textur, Querbruch und Kieselknollen aber noch ganz den Charakter des Valangien der Säntisgruppe zeigen.

Der unter der „Diphyoidesbank“ liegende Valangienkalk (= „Kieselkalk g“) im Justistal am Thunersee scheint nach Kaufmann [2]) noch den Säntistypus zu haben (vergl. Tabelle pag. 495).

Im ursprünglich nördlicheren Gebiet der tieferen helvetischen Decken (Mürtschendecke, Glarnerdecke, Deyenstockstirn, Säntis Nordrand), hat der Valangienkalk lithologisch den gleichen Charakter wie in der südlichen Säntisfacies, ist jedoch weniger mächtig (am Deyenstock nur 15 m) und geht nach unten nicht in Valangienmergel über, sondern ruht mit scharfer Grenze transgredierend direkt auf dem Öhrlikalk.

Der Valangienkalk entspricht dem „Calcaire du Fontanil“ der Umgebungen von Grenoble.

---

[1]) Von Burckhardt 1896 an der Schweinalp-Brüschalp als Seewerkalk, bei Richisau als Neocomien oder Flysch, am Pragel als Berrias kartiert worden.

[2]) F. J. Kaufmann. Beiträge Lfg. 24 1886 pag. 263. Kaufmann bezeichnete den Valangienkalk mit Kieselknollen (Justistal) als „unteren Kieselkalk“ (Neocom), den bathyalen Valangienkalk der Brienzerrothorn-Kette stets als „Berriaskalk“.

Das untere Valangien („Latuszone"): Valangienmergel.

Die Valangienmergel sind als „Coulonischichten" früher allgemein mit den Drusbergschichten verwechselt worden, obwohl sie ganz anders aussehen. Die Bezeichnung Coulonischichten ist zu vermeiden.

A. Rothpletz hat 1898 zuerst erkannt, dass die vermeintlich untereocänen Mergel Burckhardts an der Basis des Wiggis dem Valangien angehören. Im „Säntisgebirge" ist der Valangienmergel 1905 als „oberer Valangienmergel" eingehend beschrieben worden. Im Säntisgebirge, der Mattstockgruppe, den oberen Stockwerken des Glärnisch, südlich der Silbern, in der Axenkette bis zur Axenstrasse haben die Schichten einen littoralen, neritischen bis subneritischen Charakter. Es sind braune, pyrithaltige Mergel mit knolligen Kalklagen, oft in Bänken erfüllt mit zahllosen Exemplaren der schwarzschaligen kleinen Form von

Exogyra Couloni d'Orb.

Ferner sind für diese Facies bezeichnend:

Alectryonia rectangularis Römer.
Pinna Robinaldina d'Orb.
Mytilus Couloni Pictet
Terebratula Moutoniana d'Orb.

Der Valangienmergel ruht mit scharfer Grenze auf dem Öhrlikalk, wo dieser vorhanden ist. Nach oben geht er stets allmählich in den Valangienkalk über.

Am Nordrand des Säntis (Öhrli) ist Valangienmergel ebenso wie in den tieferen Decken, Mürtschendecke, Glarnerdecke, nicht entwickelt, indem der Valangienkalk mit scharfer Transgressionsgrenze direkt auf dem Öhrlikalk aufliegt. Weiter südlich stellt er sich allmählig ein und wird immer mächtiger, bis er im Säntisgewölbekern III südlich Bogarten über 60 m mächtig und voll Exogyren wird. An den Churfirsten scheint die normale Mächtigkeit des Mergels zwischen Öhrlikalk und Valangienkalk auf über 100 m anzusteigen. Ganz die gleiche Erscheinung treffen wir im Klöntalgebiet, wo am Deyenstock Valangienmergel fehlt, weiter südlich am Glärnisch in der gleichen Decke etwa 20 m Valangienmergel sich deutlich abheben und in der Axenkette ihre Mächtigkeit weiter ansteigt.

Noch weiter südlich (östliche Churfirsten, Alvier, Rädertendecke, Drusbergdecke) lässt sich ihre genaue untere Grenze nicht mehr ermitteln, weil der Öhrlikalk verschwunden ist, doch wird die Mächtigkeit 150 m nicht übersteigen. In der oberen Partie des Valangien-

mergels (Pragel, Dornibach-Sisikon) sieht man noch die gewohnten unregelmässigen Kalkbänke, aber die Exogyrenbänke sind verschwunden. An Stelle dessen findet man in dieser bathyalen Facies einzelne Belemniten, die aus der Austernfacies unbekannt sind.

Das Berriasien.

Das Berriasien zeigt noch grössere Faciesunterschiede; wir gehen auch hier wieder von der eine Mittelstellung einnehmenden Facies des Säntisgebirges aus.

Öhrlikalk.

Diesen Namen habe ich 1907 im Bericht zur Exkursion des oberrheinischen geologischen Vereins eingeführt. Der Kalk ist nach dem klassischen „Öhrli" im Säntisgebirge benannt, dessen Gipfel aus Öhrlikalk besteht. Ich verstehe darunter den korallogenen und oolithischen Kalk unter dem Valangienmergel resp. Valangienkalk und über Berriasmergel (Öhrlimergel) resp. Tithon.

Ich vermeide die einfache Bezeichnung Berriaskalk aus zwei Gründen; einmal wurde sie bisher allgemein für den bathyalen Valangienkalk angewendet und andererseits lässt sich der neritische Kalk nach der paläontologischen Methode nicht scharf zeitlich bestimmen. Der Öhrlikalk soll die Schrattenkalkfacies unter dem Valangien vorstellen. Die neue Bezeichnung ist gerechtfertigt, da es sich um ein sehr wichtiges und mächtiges Glied der helvetischen Schichtreihe handelt, das nur im südlichen bathyalen Gebiet der helvetischen Geosynklinale fehlt, in den nördlicheren Zonen aber vom Vorarlberg durch die ganze Schweiz hindurchzugehen scheint. Am Glärnisch (und Deyenstock) scheint der Öhrlikalk die maximale Mächtigkeit mit über 250 m zu erreichen. Er bildet nicht nur die imposanteste, sondern auch die am schönsten geformte weisse Felswand in mittlerer Höhe am Nordabsturz des Glärnisch-Ruchen, Feuerberg und Nebelkäppler [1]).

Der untere Teil ist am Öhrli wie überall ein feiner bis grober Oolith mit weisser calcitisch fein-faseriger Zwischensubstanz. Die Oolithkörner sind teils gerollte Echinodermentrümmer, teils Foraminiferen aus der Familie der Milioliden oder andere Petrefaktentrümmer.

Der obere Teil ist dicht, spätig, von Schrattenkalk im Handstück meist nicht zu unterscheiden (= Öhrligipfel) und oft reich an schönen Korallen (Rotsteinpass-Säntis, Schönerkulmpass, Bannalp). Am Muschelenberg (Säntis) sind die regelmässig geschichteten Bänke ganz

---

[1]) Von Baltzer, (Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues. Zürich 1873.) noch als Malm kartiert.

erfüllt von Nerineen. Häufig sind auch Requienien, Bryozoen, Terebrateln; kurz, es ist genau der Faciesvorläufer des Schrattenkalkes. Aber es muss betont werden, dass der Öhrlikalk ebensowenig wie der Schrattenkalk ein Korallenriff vorstellt — es sind geschichtete, subrecifale Bildungen.

Am Muschelenberg und Öhrli ist der Öhrlikalk 80—100 m mächtig. Nach unten findet ein allmählicher Übergang in die Öhrlimergel (Mergel der Öhrligrube) statt, jedoch so, dass am Öhrli unter dem eigentlichen Öhrlikalk (= oberer Öhrlikalk) zuerst 15—20 m braune Mergel (obere Öhrlimergel), dann abermals ein ca. 12 m mächtiger Kalk (unterer Öhrlikalk) und erst dann die Mergel der Öhrligrube folgen.[1]) Dieser untere Öhrlikalk ist braun angewittert und besteht aus grober Echinodermenbreccie und Oolith mit gerundeten Echinodermensplittern.

Gehen wir weiter südlich, so finden wir ebenso noch am Rotsteinpass und in der Passlücke Bötzel zwischen Meglisalp und Widderalp im Gewölbekern III die gleiche Zweiteilung des Öhrlikalkes; allein der obere oder eigentliche Öhrlikalk ist auf 7—12 m reduziert und führt nur noch in den obersten 1—2 m dichten Korallenkalk.

In den mittleren Churfirsten ist der untere Öhrlikalk verschwunden und der obere keilt zwischen Mergeln aus. In den ursprünglich südlicheren Regionen der Alviergruppe, Rädertendecke, Drusbergdecke (Pragel-Sisikon-Brisen etc.) fehlt er vollständig — an seiner Stelle liegen die bathyalen Balfriesschiefer.

In den ursprünglich nördlicheren Gegenden der tieferen helvetischen Decken ist der Öhrlikalk im Gegensatz dazu überall vorhanden — man wird ihn auch noch mit dem Valangien im oberen Teil des autochthonen „Hochgebirgskalks“ finden.[2]) Am Glärnisch scheint der subrecifale Öhrlikalk am Nordabsturz des Milchplanggenstocks (fast) das ganze Berriasien zu vertreten. Auf Alp Tros am Mürtschenstock ist zwischen Öhrlikalk und dem in gleicher Facies entwickelten Troskalk kaum mehr die Grenze angedeutet, und über der schwarzen Schnur am Mürtschenstock sind Jura und Kreide in gleicher subrecifaler Facies miteinander verwachsen — ein grosser Unterschied gegenüber dem bathyalen Faciesgebiet, wo im Gegensatz dazu die Berrias-Tithongrenze meist sehr scharf ausgeprägt ist.

---

[1]) Vergl. die Zeichnung von Albert Heim, Säntisgebirge 1905, Atlas Taf. VIII Fig. 4 und Phot. Taf. XVIII.

[2]) Ich vermute, dass der autochthone „Tschingelkalk“ des Berneroberlandes nichts anderes sei als Öhrlikalk und Valangienkalk in der Facies der Mürtschendecke.

Der Öhrlikalk zieht in bedeutender Mächtigkeit durch die ganze Axenkette bis nach Unterwalden hindurch und fehlt nirgends primär in der Mürtschendecke und Glarnerdecke.

Öhrlimergel, Balfriesschiefer.

Unter Öhrlimergel verstehe ich diejenigen Mergel des nördlichen Faciesgebietes, die unter dem Öhrlikalk, über dem Tithon liegen. Weitaus am schönsten können sie in der Öhrligrube im Säntis studiert werden. Es sind bräunliche, uneben schieferige, etwas sandige Mergel, am Öhrli über 50 m mächtig. Im oberen Teil findet man in den Grenzschichten gegen den Öhrlikalk am Muschelenberg zu hunderten Alectryonien.[1])

In sehr ähnlicher Ausbildung, mit 30—40 m Mächtigkeit finden wir sie in der Faulen-Axenkette z. B. am Schönenkulmpass unter dem Öhrlikalk und über dem Tithon.

In der tieferen Mürtschendecke sind sie im östlichsten Teil noch deutlich (Walenstadt ca. 30 m), auf Alp Tros-Mürtschenstock nur noch in Rudimenten oder ganz verschwunden. Das gleiche gilt von der noch tieferen Glarnerdecke (Abhang des Schild).

Eine andere Facies finden wir, wenn wir den Öhrlimergel vom Säntisgebirge nach Süden verfolgen. Wo der Öhrlikalk auslöscht treten die Öhrlimergel mit dem Valangienmergel zusammen. Sie werden immer mächtiger, die Austern verschwinden bis auf einzelne schwarzschalige Exogyren, die sehr ähnlich aussehen wie diejenigen aus dem Valangienmergel. Wir gelangen von den östlichen Churfirsten in die Alviergruppe und auf die Balfriesterrasse, und finden hier den bathyalen Typus der Öhrlimergel mit dem Valangienmergel in ungeheurer Mächtigkeit (über 600 m) als

Balfriesschiefer (Escher) = Rossfelderschichten des Vorarlberg (Richthofen).

Über diese von Escher nach der Balfriesalp am Alvier benannten Schiefer ist schon viel geschrieben worden. Die einen Forscher (Escher, Mösch vor 1881, Mayer-Eymar, Albert Heim) hielten die Balfriesschichten für Tithon, die andern (Vacek 1879—80, Mösch 1893, Burckhardt 1896, Rothpletz 1898, Lorenz 1900) erklärten sie für eine Facies des Berrias. Nur wenige haben selbst die Balfriesalp besucht und niemand hat in Eschers Tagebüchern (Polytecknikum Zürich) nachgesucht, was Escher darunter verstanden.

Der Streit kann in folgender Weise gelöst werden: Escher verstand unter Balfriesschichten die mergeligen Schichten zwischen

---

[1]) Vergl. Albert Heim, Säntisgebirge 1905 pag. 35—36.

Quintnerkalk und Diphyoideskalk, das sind die Zementsteinschichten (Tithon), Berriasmergel und Valangienmergel in bathyaler Facies. Da nun die Zementsteinschichten leicht abgetrennt werden können, und die Alp Balfries (= Palfris) selbst nicht mehr auf Tithon steht, können wir die Balfriesschiefer definieren als die Mergel zwischen Diphyoideskalk (Valangienkalk) oben und Zementsteinschichten (Tithon) unten. Es ist die bathyale Facies von Berrias- und Valangienmergel, die zu einer lithologischen Einheit von gewaltiger Mächtigkeit miteinander verschmolzen sind.

Auf der Alp Balfries sind es bräunliche Mergel mit feinsandigen Kalkplatten, die meist weniger als 15 cm dick sind und häufig auf der Oberfläche Algen und Tierfährten erkennen lassen. Weiter westlich von der Alp Balfries finden wir die Balfriesschiefer in den von Burckhardt 1896 als Flysch kartierten Flächen vom Deyenstock über Richisau, vor allem aber auf der weiten Fläche der Schweinalp und des Pragels in ausserordentlicher Mächtigkeit. Schon Mösch wusste, dass es sich nicht um Flysch handeln kann; er nannte die Balfriesschiefer Aptychenschiefer.

Man kann sich leicht überzeugen, dass es sich nur um Valangien und Berriasmergel handelt, indem der Diphyoideskalk an der von Burckhardt als Überschiebung eingezeichneten Linie sehr allmählich in normal liegenden Valangienmergel übergeht und man auch tiefer unten im Berrias noch Belemnitenquerschnitte finden kann.

Endlich finden wir an der klassischen Stelle bei Sisikon in der gleichen Drusbergdecke die Balfriesschiefer ununterscheidbar von denjenigen der Balfriesalp, wieder mit den typischen Kalkplatten. Auch hier findet man keine Grenze zwischen Valangienmergel (Dornibach) und Berriasien. Die Mächtigkeit ist auch hier gross[1]), jedoch stellenweise tektonisch reduziert. Die bisher, insbesondere durch A. Tobler[2]) bekannt gewordenen Petrefakten sind leider ohne Unterscheidung von Valangien und Berriasien gesammelt.

Weiter nach Westen setzen die Balfriesschiefer immer in grosser Mächtigkeit über den Brisen, Brünig, Brienzerrothorn bis Morgenberghorn usw. fort. Selbst in der nördlicheren Facies des Justitales fehlt schon der Öhrlikalk, sodass auch jene Valangienmergel (mit verkiesten Cephalopoden) und Berriasmergel zusammen als Balfriesschiefer bezeichnet werden könnten.[3])

---

[1]) P. Arbenz gibt 1905, Beiträge Lfg. XVIII n. F. p. 9, nur 20—50 m an. Ich halte das für zu wenig. Man vergleiche auch das Profil v. P. Arbenz Taf. I. Fig. 1.

[2]) A. Tobler. Die Berriasschichten an der Axenstrasse. Neues Jahrb. 1899 Bd. II.

[3]) Auf der beiliegenden stratigr. Tabelle ist die Gliederung nach Stufen gegeben. Herr Prof. Dr. Kilian hatte die Freundlichkeit, meine Auffassung nach Vergleich der von Kaufmann und Mayer-Eymar (Beitr. Lfg. 24 1886) gegebenen Fossillisten zu bestätigen.

		Südost-Frankreich	Helvetische Schweizeralpen				Jura
		Kilian 1895 Montagne de Lure Bull. Soc. g. Fr.	Arnold Heim 1907 bathyale Facies Alvier-Drusberg.	Kaufmann 1886 Justital-Thunersee Beitr. z. g. K. d. Sch. Lfg. 24.	Arnold Heim 1907 südl. Säntis, Mattstock, Churfirsten, Axenkette z. T.	Arnold Heim 1907 Mürtschendecke.	E. Baumberger 1901 Neuenburg, Valangin.
Hauterivien		Calcaire à Crioc. Duvali, Holcodiscus incertus, Holcost. Astieri, Bel. dilatatus.	Dünnschichtiger Kieselkalk und Schiefer 400 m.	„Crioceraschiefer" 30 m mit Crioc. Duvali etc.	Kieselkalk massig 100 m. (Ammonitenschicht 0—15 cm).	Kieselkalk massig 20 m.	Knollige und bläuliche Mergel.
Valangien	oberes			„Diphyoidesbank" 10 cm.	Pygurusschicht 0—15 m Gemsmättlischicht 0—30 cm.	Pygurusschicht 5—8 m.	Astieria- und Bryozoenmergel.
Valangien	mittleres	Marno-calcaire à, Aptychus Didayi Hopl. regalis, amblygonius etc.	Diphyoideskalk, schieferiger-plattiger Kalk mit Aptychus Didayi und Pygope diphyoides 60 m.	„Kieselkalk g" 30 m.	Valangienkalk massig mit Kieselknollen 50 m.	Valangienkalk massigspätig ca. 20 m.	Calcaire roux mit Limoniteinlagerungen.
Valangien	unteres	Marnes à fossiles pyriteux, Hopl. pexiptychus Haploceras Grasi etc.	Valangienmergel 100 m (?). Balfriesschiefer.	Dunkelgraue Mergel mit verkiesten Petrefakten, Bel. latus.	Valangienmergel m. Exogyra Couloni 30—100 m.	— o —	Marnes d'Arzier.
Berriasien		Calcaire dit de Berrias à Hopl. Boissieri, occitanicus.	Berriasmergel mit Aptychen u. ?Hopl. occitanicus 500 m (Balfriesschiefer.)	Graue Berriasmergel.	Öhrlikalk 100—20 m.	Öhrlikalk 40—60 m.	Kalkfacies des Marbre bâtard.
Berriasien		Niveau de Gensiac à Hopl. ponticus subchaperi etc.	(cont.)	(cont.)	Öhrlimergel 50—100 m.	Öhrlimergel, oft verschwunden.	Zone der oolithischen Kalke und Mergel.
Portlandien		Tithon.	Zementsteinschichten mit Perisph. Lorioli, Richteri.		Zementsteinschichten 100—300 m.	Troskalk.	Purbeckien.

Das Liegende der Balfriesschiefer ist Tithon, das auf der Alpfläche von Balfries durch

Perisphinctes Lorioli Zittel,
" Richteri Oppel,
Hoplites micracanthus Oppel

bestimmt ist.

Die helvetischen Faciestypen.

Wenn wir das Gebiet der helvetischen Decken der Schweizeralpen an Hand der beiliegenden Faciestafel pag. 498 überblicken, so finden wir nach Abwickelung der Falten und Decken eine kontinuierliche Faciesveränderung innerhalb ein und desselben Meeresbeckens. Es fallen uns sofort zwei Extreme auf:

a) Die neritische, recifale und subrecifale Facies im Norden, mit relativ geringer Mächtigkeit der Ablagerung in der Berrias- und Valangienzeit: wir nennen sie nach der Mürtschendecke die

Mürtschenfacies. Bezeichnend ist für diese das Fehlen von Mergeln mit Ausnahme des Öhrlimergels, der hie und da in geringer Mächtigkeit auftritt. Die Kalke sind meist erfüllt mit Milioliden.

Wir finden die Mürtschenfacies in der Mürtschen- und Glarnerdecke, der Wagetenkette, am Nordrand des Säntis, am Deyenstock (autochthon im Hintergrund des Lauterbrunnentales, Tschingelkalk?).

b) Die bathyale Facies mit sehr grosser Mächtigkeit der Mergel-Ablagerungen zur Berrias-Valangienzeit im Süden: wir nennen sie die

Alvier-Drusbergfacies. (= Melchtalfacies von A. Tobler?). Bezeichnend ist das vollständige Fehlen zoogener Kalke.

Wir finden diese Facies in den südlichen Vorarlberger Kreideketten, in der Alviergruppe, der Rädertendecke, der Drusbergdecke vom Pragel über Sisikon-Brisen-Brienzerrothorn-Morgenberghornkette etc.

Diese beiden Facies sind so ausserordentlich verschieden, dass es unmöglich wäre, die zeitlich entsprechenden Sedimente mit Hilfe der paläontologischen Methode zu bestimmen. Im Norden sind es helle steile Kalkfelswände, im Süden breite sanfte Mergelhänge und Alpweiden. Die einzige Möglichkeit bietet die vergleichend lithologische Methode. Wir suchen und finden alle Übergangsformen und können so zwischen beiden Extremen einen in der Mitte liegenden Zwischentypus herausgreifen; wir nennen diesen

c) südliche Säntisfacies.

Bezeichnend für diesen Typus ist das Vorhandensein von Valangienmergel in littoraler Ausbildung mit massenhaft Exogyren (und Mytilus) zwischen spätigem Valangienkalk mit Kieselknollen oben und Öhrlikalk unten. Im ganzen hat die Fauna noch ganz benthonischen Charakter. In dieser Facies treten die ersten Ammoniten auf.

Wir müssen von „südlicher" Säntisfacies sprechen, weil am Nordrand des Säntis die Mürtschenfacies vorhanden ist.

Wir finden die südliche Säntisfacies in den südlichen Säntisketten III, IV, V, VI, im ganzen westlichen Säntis, in der Mattstockgruppe den westlichen Churfirsten, Wiggisgruppe, Glärnisch, Rätschtal, Axenkette, Urirotstockgebiet, Vitznauerstock[1]) etc.

Die drei genannten Faciestypen der helvetischen Alpen erinnern uns unmittelbar an die drei von südfranzösischen Geologen längst eingeführten Bezeichnungen: „Facies alpin", „facies mixte", „facies jurassien". (Lory, Kilian). Die alpine Facies entspricht unserer Alvier-Drusbergfacies, die jurassische etwa der Mürtschenfacies. Ich muss von diesen Ausdrücken absehen, da meine Beobachtungen gezeigt haben, dass der „jurassische" Typus für die östlichen Schweizeralpen ebenso bezeichnend ist, wie der „alpine".

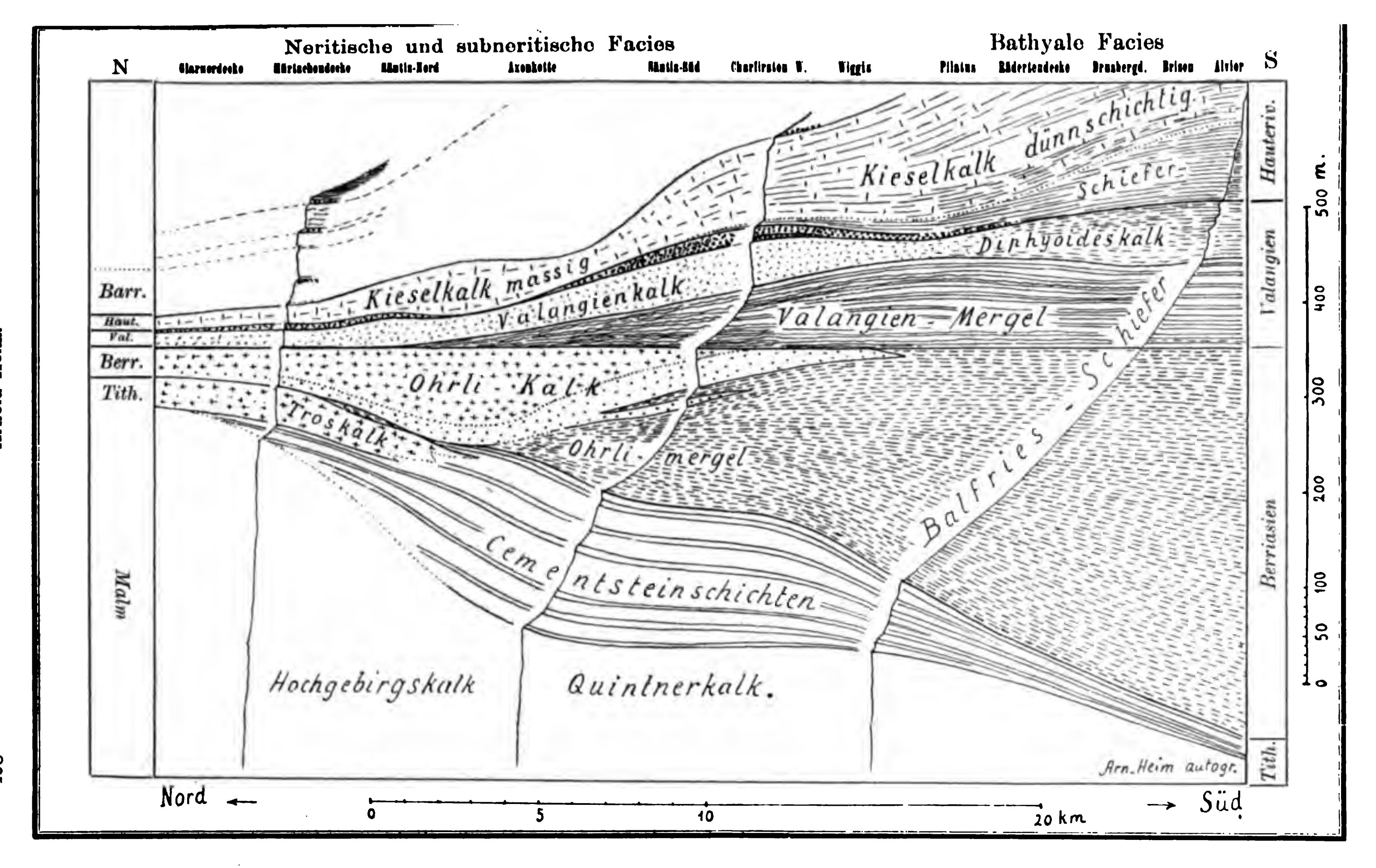
Die helvetische Geosynclinale.

Aus dem vorhergehenden Abschnitt geht als wichtiges Resultat hervor, dass zur Berrias-Valangienzeit das westliche Juragebiet mit den Alpen durch ein zusammenhängendes Meer verbunden war, dessen Littoral im Norden lag.

Die „jurassische" Facies ist bezeichnend für die nördlichen Teile der Geosynclinale. Vom Bielersee im Jura müssen sich die „Transgressionsgrenzen" in östlicher oder ostsüdöstlicher Richtung unter dem Molasseland zum autochthonen Gebirge der Alpen hindurch ziehen. Gegen Süden vertiefte sich das Meer; die zoogenen, recifalen Bildungen verschwinden. Eine grosse Menge von Schlamm wird gegen das offene Meer hin abgesetzt, während im Norden Echinodermen, Korallen, Requienien, Nerineen gedeihen und zoogene Kalke entstehen.

Der Nordrand der Geosynclinale fällt jedoch nicht mit dem jetzigen Alpenrand genau zusammen, sondern er schneidet diesen und zieht sich im grossen und ganzen von

[1]) Vergl. A. Buxtorf, Exkursionen am Vierwaldstättersee, Eclogae geol. helc. 1905. In dem soeben erschienenen Führer zu den Exkursionen der deutsch. geol. Ges. hat A. Buxtorf meine Auffassung: Diphyoideskalk = Valangien und Öhrlikalk = Berriasien angenommen und bestätigt.


Neritische und subneritische Facies
Bathyale Facies
N
S
Barr.
Haut.
Val.
Berr.
Tith.
Malm
Kieselkalk massig
Valangienkalk
Ohrli Kalk
Troskalk
Ohrli mergel
Cementsteinschichten
Hochgebirgskalk
Quintnerkalk.
Kieselkalk dünnschichtig
Schiefer
Diphyoideskalk
Valangien-Mergel
Balfries-Schiefer
Arn. Heim autogr.
Hauteriv.
Valangien
Berriasien
Tith.
0 50 100 200 300 400 500 m.
Nord
Süd
0 5 10 20 km

Osten nach Westen. So kommt es, dass wir im Autochthonen der Schweiz von Nordosten nach Südwesten uns immer weiter vom Rand des Meeres entfernen. Im Berner Oberland scheint die Mürtschenfacies auf das autochthone Gebirge überzutreten, während die helvetischen Decken, die von weiter südlich herkommen, schon alle die südliche Säntisfacies und Alvier-Drusbergfacies (Cephalopodenfacies) aufweisen. Endlich ist die Gegend von Berrias (Ardèche), weit ausserhalb der Alpen, durch rein bathyale Facies gekennzeichnet.

Man vergleiche zum Schluss das Faciesprofil, das E. Baumberger[1] 1901 über den westlichen Jura und Südost-Frankreich veröffentlicht hat mit der Faciestafel in dieser Arbeit, um sich vollends zu überzeugen, dass es sich an beiden Orten im Prinzip um die gleichen Erscheinungen handelt.

Sehen wir von jeder tektonischen Betrachtungsweise ab, so finden wir durch rein vergleichend lithologische Methode das Resultat der Deckentheorie vollkommen bestätigt:

Je höher in einem Querprofil eine Decke liegt, umso südlicher ist ihr Ursprungsgebiet. Umso tiefer ist aber auch die helvetische Geosynclinale, in der die Ablagerung stattgefunden hat.

Die Fjord-Stratigraphie ist überwunden; an Stelle des stratigraphischen Chaos am Alpenrand erkennen wir eine einfache, grossartige Gesetzmässigkeit.

---

[1]) Über Facies und Transgressionen der unteren Kreide am Nordrande der mediterrano-helvetischen Bucht im westlichen Jura. Beilage z. Ber. d. höheren Töchterschule Basel 1900—1901.

Zürich, August 1907.

Über Membranen II.[1])

Die Bedeutung der Membranen und Membranfunktionen in Physiologie und Pathologie.

Von Heinrich Zangger.

Unter Membranen verstehen wir im allgemeinen bekanntlich dünne Häutchen, die zwischen zwei Flüssigkeiten gebracht, diese mechanisch trennen, so dass Strömungen gröberer Art verhindert werden, während dem Austausch von Flüssigkeit und gelösten Stoffen in verschiedener Richtung möglich sind. Die Bedingungen dieses Austausches sollen hier untersucht werden.

Die Bedeutung aller Komponenten, der vielen Parallelvorgänge, die bei der Durchströmung von Membranen eine Rolle spielen, wird viel zu wenig betont. In den Lehrbüchern sind die Funktionen der Membranen unter „Diffusion und osmotischer Druck" abgehandelt und alles scheint klar zu sein. Nirgends ist der Membranbegriff ins Zentrum der Betrachtung gerückt.

Sobald man aber in die komplizierteren Verhältnisse kommt, wie sie sich in der Physiologie und Pathologie unabweisbar ergeben, tauchen einem Rätsel auf, vor allem bei der Resorption und Sekretion; noch unabweisbarer drängen sich diese Probleme in der Pathologie vor, weil sie bei allen Krankheitsprozessen eine Rolle spielen und weil wir bei fast allen therapeutischen Eingriffen von diesen Funktionen und, vor allem deren Variationen abhängig sind, speziell auch bei den Fragen nach Giftwirkung einerseits, anderseits bei den Heilungsprozessen von Infektionskrankheiten und der Zerstörung der Bakterien im Körper etc.

Diese gut untersuchten Gebiete, das grosse Tatsachenmaterial brachten mich vor Jahren darauf, die physikalische Seite der Vorgänge in einzelne Faktoren zu zerlegen. Als prinzipiell wichtiges

---

[1]) Nach dem Vortrag vom 14. Januar 1907 in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Der erste Teil befindet sich Jahrgang 1906, S. 432.

Ergebnis hat sich damals die Bedeutung des neuerdings eingehend charakterisierten colloidalen Zustandes der reagierenden Körper, speziell derjenigen im flüssigen Zustand (flüssige Colloide) herausgestellt (vergleiche folgende Arbeit).

Die heutige physikalische Chemie hat sich die letzten 20 Jahre fast nur mit den homogenen Lösungen befasst und die verblüffenden Erfolge auch für die Biologie mussten die Forscher auf dem Gebiet gefangen halten. Alle andern Gebiete sind kaum erst angebrochen, wie der komplexe Begriff des heterogenen Systems.

Die Lösungstheorien etc. sprechen nur von Zahl der Moleküle und deren dynamischen Funktionen bis zu einem Endstadium (Gleichgewicht); der Raum, resp. die Zwischenmasse, das flüssige Milieu ist belanglos (mindestens wurden noch sehr wenige Untersuchungen auf dem Gebiet gemacht). Das stimmt nun gerade nicht für die Biologie und deren Colloidmilieu, wo alle Veränderungen der Einzelsubstanz das Gesamtmilieu beeinflussen.

Es treten Verschiebungen, Absorptionen, Verfestigungen, Ausdehnungen auf, die von den Biologen, speziell den Pflanzenphysiologen immer beachtet wurden, aber die Verhältnisse liegen komplexer als die physikalischen Chemiker sich denken. Es ist auch analytisch viel mehr gearbeitet von physiologisch-pathologischer Seite, als man gewöhnlich annimmt, aber die Einzelbeobachtungen sind nicht unter einem Gesichtspunkt vereinigt und manchmal für eine theoretische Verwendung unvollständig.

Wir stehen in einer Zeit, in der es den Biologen und Medizinern bewusst wird, dass der zeitliche und quantitative Verlauf von physikalisch-chemischen Gesetzen beherrscht wird und es wird immer klarer, dass die physikalische Chemie sich mit der Ausarbeitung der Methodik auf diesem Gebiet beschäftigen muss.

Die physikalische Chemie wird heute von einer grossen Zahl Medizinern beachtet und überall der Versuch gemacht, die physikalchemischen Gesetze meist tel quel in die Biologie zu übertragen. Ich möchte jetzt schon davor warnen, die immer auf ein bestimmtes Ziel orientierten physikalisch-chemischen Versuche und deren mathematische Behandlung auf die Biologie ohne weiteres anwenden zu wollen, denn es existieren viele bedeutsame Faktoren in dem biologischen Geschehen, von denen die Physiko-Chemiker, die nicht mit dem Material arbeiten, keine Vorstellung haben können, während der Biologe gerade sie spüren und aufsuchen soll und muss: Faktoren, die der Chemiker und Physiko-Chemiker mit allen Mitteln eliminiert, die aber dem biologischen Geschehen gerade auch das Charakteristische, die Verlaufsrichtung, aufzwingen.

Ausser den flüssigen Milieux kommt in der Biologie häufig ein Experimentalmittel in Betracht: die festen Schichten, die die mechanische Vermengung hemmen, die die Struktur, das Bestehen des Systems garantieren und charakterisieren, die Membran. Die Eigenschaft der Membran als Experimentalmittel bestrebt man sich möglichst konstant zu erhalten, die immer beobachtete Veränderung wurde nicht auf ihre Gesetzmässigkeit untersucht, sondern als eine nicht zu vermeidende Störung des Experimentes betrachtet. Was aber gerade den Mediziner interessiert, weil in dem Gebiet die Hauptursache der pathologischen Stoffwechselverschiebung und der Heilungsvorgänge liegt, das sind die Veränderlichkeiten des zeitlichen Ablaufes, deren Ursachen erklären auch wieder die Ursache der Restitution. Alle diese Vorgänge entsprechen nicht der heutigen Annahme und den erwähnten Vorstellungen von den Membranen, denn:

1. Ist die Membran nicht eine konstante Funktion des sie von Anfang an aufbauenden Materials, sondern sie ist eine variable: je nach den Flüssigkeiten, mit denen sie in Berührung steht, den gelösten und absorbierbaren Substanzen, speziell Colloiden, ferner der Reihenfolge der Einwirkung und alles das zusammen ist wieder abhängig von Temperaturen und vor allem von der Zeit (also sind da keine Gleichgewichte, keine Gesetze des Gleichgewichtes verwendbar, weil sie ja gerade das Charakteristische vernachlässigen: die Variabilität in der Zeit durch im System vorhandene Tendenzen).

2. Die Membran selbst absorbiert und stört dadurch das Gleichgewicht im System, wenn auch sehr verschiedenartig.

In diesen Eigenarten der Colloid-Membranen: der Absorption, Quellung, Intussusception, Erstarrung etc. liegen nun gerade eine grosse Zahl biologischer Rätsel, von diesen sind einige in der Pathologie und der Immunitätslehre früher und leichter zu fassen als in der Physiologie.

Die Beziehungen der Lösungen von kristallisierten Substanzen und gelösten Colloiden zu den verschiedenen Eigenschaften der Membranen setzen sich naturgemäss aus den Eigenschaften sowohl der Membran, wie der Lösungen zusammen, so dass die Vorstellungen über die Dynamik der Lösungen allein, die heute bei diesen Problemen fast ausschliesslich berücksichtigt werden, die ausserordentlich wichtigen Verschiedenheiten der Beziehungen durch die Membran hindurch und der verschiedenen Substanzen zur Membran nicht erklären können.

1. Die Lösungen haben ihre bestimmten Eigenschaften. Bei gegebenen Substanzen und einfachen gleichbleibenden Verhältnissen gehen eine ganze Reihe von Funktionen der Konzentration und der

Temperatur parallel, so zum Beispiel der osmotische Druck und auch die Oberflächenspannung.

Diese Funktionen wären ausschlaggebend für die Gesetze des Austausches durch ein Septum hindurch, wenn dieses Septum (capillare) Öffnungen hätte und seine Substanz in keiner Weise, oder mindestens in sehr vorübergehender und reversibler Weise die Beziehungen der Lösungsmittel zu den gelösten Stoffen ändern würde.

2. Nun ist aber Voraussetzung jedes Durchtrittes von Substanzen durch eine Membran, dass mindestens eine der Flüssigkeiten netzt und in innigere Beziehungen zur Membran tritt (Brücke, Ludwig, Cloetta, Liebig, später Lhermite, Nernst, Tammann, Flusin).

Die Membranen entziehen aber den Lösungen Lösungsmittel (Ludwig, Cloetta, Brücke), zum Teil aber auch gelöste Stoffe (Meerburg, Tammann, Walden, Spiro, Malfittano), aber in ganz ungleicher Art, so dass von vorneherein durch das Eintreten einer Membran in das System, auch ohne Osmose, die Beziehungen in der Lösung geändert werden müssen, besonders in Verhältnissen, wo die Masse der Membran im Verhältnis zur Flüssigkeit gross ist, wie überall bei Prozessen im Körperinnern. (Auch Kapillaren ziehen die verschiedenen Komponenten ungleich an, Absorption sogar unter Wärmeentwicklung, aber nicht so elektiv und halten, solange keine typischen Colloide dabei beteiligt sind, die Stoffe nicht in dem Grad zurück, d. h. trennen, wenn nicht Colloide vorlagen, sie nicht dauernd von der Flüssigkeit ab).

Diffusion durch Kapillaren endet immer mit absolut identischen Flüssigkeiten beiderseits, sobald sie überhaupt netzen. Membran-Osmose endet vielleicht in den wenigsten Fällen so, sondern das Endziel hier ist immer eine Art Spannungszustand[1]) in der Membran, die eben die eine oder andere Komponente ungleich und oft fast gar nicht durchtreten lässt; auf alle Fälle ist der Verkehr durch die Membran hindurch absolut charakterisiert durch die Membraneigenschaft, durch die in Bezug auf die einzelnen Komponenten äusserst verschiedene Beeinflussung der Diffusion.

So wird also jede Differenz in der Membran, wie Dicke, Konzentration, resp. Quellungsgrad die durchtretende Flüssigkeit (Gemisch) modifizieren und die Zeitfunktionen beim diosmotischen Austausch beherrschen und also in der Biologie, wo die Konzentrationen durch Strömungen ständig sich ändern, den zeitweiligen Zustand und das Gesamtresultat des Austausches durch Membranfunktionen bedingen.

---

[1]) Amar. Schmidt, Violle, Lehrbuch der Physik 1889. Dieser ausserordentlich wichtige Punkt muss quantitativ genauer untersucht werden, diese Art Elastizität gegen Osmot-Druck würde sehr viel physikalisch klarer machen. (Event. vorübergehende Anpassungsfähigkeit an chemische Konstitutionen).

(Brücke, Ludwig, Cloetta, Liebig, Tammann, Lhermite, Nernst, Flusin, Amar, Compte rend. sc. 142. 1906 p. 872. Thèse de Paris 1906/07, Meerburg, Zeitschr. f. physik. Chemie XI. 1893 p. 446, Walden, Zeitschrift f. physik. Chemie X. 1892. p. 699.)

Als Membran(system) muss also zum Beispiel das gesamte nicht bewegliche Plasma einer Pflanzenzelle (das Ectoplasma) betrachtet werden. Die (gequollene) Hülle eines Milzbrandbazillus im Tier etc.

Als Membran wirkt jedes Colloid, das so konzentriert und strukturiert ist, dass es nicht zerfliesst, das heisst sich nicht merkbar verschiebt.[1])

Ein solches System aus festem Colloid wird Substanzen absorbieren, absorbiert aber nicht gleich wie scharfe konstante Oberflächen (ich halte das nach den Färbeversuchen für erwiesen). Hydrophile Colloide haben keine scharfen mathematisch definierten Übergänge, keine Grenzflächen.

Einen Überblick über die Bedeutung der Membranfunktionen in der Biologie kann man heute nur geben, wenn man die Existenzbedingungen der Membran, ihre Entstehungsarten und ihre Gesetzmässigkeiten kennt, ferner die Beeinflussbarkeit des Stoffaustausches durch die Membran, die Diffusion und die Eigentümlichkeiten der durch die Membran veränderten Diffusion.

Die Membran ist keine Konstante:

Wovon sind ihre Veränderungen abhängig?

Inwiefern sind sie reversibel, nicht reversibel?

Inwiefern verhalten sich feste Colloide anders als flüssige Colloide in bezug auf Beeinflussbarkeit, Absorption etc.?

Inwiefern lassen sich die allgemeinen Colloidgesetze auf die festen, flächenförmigen Membran-Colloide ausdehnen?

---

[1]) Dass Colloide auch schon in Lösungen in leicht beweglichem aber geruhtem Zustand, als Sole, die Eigenschaften haben, auf Substanzen, die durch sie hindurch getrieben werden sollen, einen Einfluss ausüben, der analog ist dem Einfluss der Membranen, gibt Hardy an. Von der successiven Konzentrierung des Colloides ausgehend, können nach meiner Ansicht wahrscheinlich diese für Membranen charakteristischen Einflüsse untersucht werden, indem die Membraneigenschaften langsam nach irgend einer Gesetzmässigkeit sich steigern und in den Vordergrund treten. Auch hier schon möchte ich darauf hinweisen, dass konzentrierte, feste Colloide, wie sie in den Membranen vorliegen, in festen trennenden Schichten, auf Salze anders (meist weniger) empfindlich sind als die Sole, resp. jene Einflüsse infolge ihrer festeren Struktur mehr widerstehen, elastischer sind, weniger leicht sich anpassen. Spring, Bull. science Belge 1900, Le trouble de mastic fait en apparence le même office d'un parois pérméable en ce sens qu'il retient pour se précipiter avec elles (Jons polyvalens) analog van Bemmelen. Hardy, Zeitschrift für physikalische Chemie 33, p. 326. Dass Colloide die Beziehungen der Jonen zum Lösungsmittel ändern, geht aus der veränderten Leitfähigkeit hervor, die nach Dumanski viel intensiver ist als die Herabsetzung des Gefrierpunktes.

Über primäre und sekundäre Folgen des Eintrittes der Membranen in ein Flüssigkeitssystem.

Eine Membran führt zwischen das System zweier sich berührender und diffusionsfähiger Flüssigkeiten drei neue Momente ein:

1. Die eigene (elektive) Absorption, die eine Quantität des Stoffes unwirksam macht.

2. Die mindestens quantitative ungleiche Durchlässigkeit für die einzelnen Komponenten.

3. Eine die Strömung beeinflussende Potenzial-Differenz spez. bei Salzen, die ihrerseits bedingt ist

A. durch Strömungen (Quincke),

B. durch Diffusion bei Konzentrationsdifferenzen (Helmholtz, Becquerel, Jahn),

C. durch ungleiche Hemmung der Jonenwanderung resp. ungleiche Absorption (Ostwald, Nernst, Willi Bein, Tower, Chanoz etc.).

Dazu kommt als äusserst wichtiger Punkt noch die Permeabilitätsänderungen reversibler und irreversibler Art, die in ihrer Resultante immer abhängig ist von den drei eben erwähnten Punkten. Der wesentliche Grund liegt immer wieder in der Tatsache der Colloidal-Strukturen der Membran.

Die Membranen wurden bis heute hauptsächlich als Mittel zu einem Zweck betrachtet und nur eine allgemeine Eigenschaft fast aller Membranen in den Vordergrund gestellt: die Durchlässigkeit für Kristalloide in netzenden Flüssigkeiten und eine Undurchlässigkeit resp. geringere Durchlässigkeit für Colloide und zwar wurden sie hauptsächlich verwendet als Mittel zur Erforschung der Theorie der Lösung.

Über Durchlässigkeit und Konstanz der Membran.

Die zwei wesentlichsten Merkmale der Membran, die bis heute fast nur beachtet wurden, fast Dogmen waren, sind also:

Die ungleiche Permeabilität der Membranen für verschiedene Kristalloide- und Colloide-Substanzen, die schon von dem ersten Beobachter industriell verwendet wurden (Dutrochet), die dann auf die Spitze getrieben wurde durch Graham, der den Satz aufstellte: dass es zweierlei Substanzen gebe: durch Membranen durchgehende Kristalloide und durch Membranen nicht durchgehende: Colloide. Erst in den letzten Jahren wurde darauf hingewiesen, dass einerseits auch die Colloide spurweise passieren würden und dass verschiedene Gruppen von Membranen unterschieden werden müssen, je nach ihrer Benetzbarkeit durch Lösungsmittel.

Angenommen wird ferner eine **Konstanz** der Membraneigenschaften, die nur abhängen würden von der Eigenschaft der Grundsubstanz der Membran, ferner von Dicke und Dichte.

Dass die verschiedenen Membranen, wenn sie in ihren Lösungsverhältnissen gegenüber den Lösungsmitteln sich ganz verschieden verhalten, den Diffusionsvorgang in absolut charakteristischer Weise beeinflussen, betont schon Dutrochet 1827, Ann. de chim. et phys., 35, p. 393. Brücke, 1843, Pogg. Ann. der Physik 28, p. 77. Mousson, 1871. Physik I, p. 310. Tammann 1892—97, Zeitschr. f. physik. Chemie. Raoult 1895, Compt. rend. Ac. sc., p. 121—187, Zeitschr. f. phys. Chem. XVII, 895, p. 737. Flusin, Compt. 1898 rend. Ac. sc., 126 p. 1497, und 131 p. 1308.

Das **Wesentliche** und **Neue**, was ich in den Vordergrund aller Membraninteressen stellen muss, sind:

I. Funktionsänderungen der Membran, spez. durch die Gegenwart von Körpern und Körpergemischen, die sich gegenseitig beeinflussen, so dass die Durchlässigkeit der Membranen, resp. fester Colloidschichten, nicht mehr eine konstante Funktion der Membranart ist und des Konzentrationsgefälles, sondern dass gerade die Membranart temporär ihre Permeabilitätseigenschaften sehr weitgehend verändern können. Beispiele:

Es ist schon längst bekannt, dass Fette durch eine von Wasser benetzte Membran nicht durchgehen, dagegen wenn Natrium Taurocholat und Öl gemischt werden, gehen beide durch dieselbe nasse Membran durch (Wistinghaus 1851). Diffusion mit blossem Wasser entfernt Na Taurocholat und damit die Durchlässigkeit der Membran für Fette. (Cit. nach Buchheim, Arch. f. physiol. Heilkunde 1853).

Ein anderes anschaulicheres Beispiel: Eine tierische Haut bekommt durch Fettimprägnation ganz andere Diffusionseigenschaften. Entfernung des Fettes stellt die früheren Eigenschaften zur Hauptsache wieder her.

2. Muss ich als eine fast ganz übersehene Tatsache betonen, dass die Membranen, also feste Colloide, für andere Colloide nicht undurchgängig sind, oder nur spurweise durchgängig, wie der allgemeine Lehrsatz lautet, sondern sie sind **verschieden durchgängig**, je nach dem Charakter der beiden Colloide (Membran und flüssiges Colloid) und anderen Umständen: spez. Elektrolytart, Reaktion und Quellungsgrad. Die Durchlässigkeit ist also keine konstante, sondern auch hier wie bei flüssigen Colloiden eine abhängige, durch viele äussere Umstände bedingte **Funktion** und zwar:

A. Von den entstehenden elektrischen Potenzialen, durch differente Ladung des Membrancolloides und des flüssigen Colloids gegenüber

der Flüssigkeit; deshalb auch vom Elektrolytgehalt und der Elektrolytart in der Flüssigkeit.

B. Von der Oberflächenspannung und Quellungstendenz des neuen Colloidkomplexes (flüssiges Colloid und Membrancolloid) gegenüber der Flüssigkeit der andern Seite, denn das heraustretende Colloid und das Membrancolloid bilden einen neuen eigenartigen Komplex.

C. Von der Löslichkeit (Quellbarkeit) des neu entstandenen Colloidkomplexes durch vorhandene Substanzen, speziell Nicht-Elektrolyte. Diese beeinflussen viel mehr als man beachtet die Durchlässigkeit für noch restierendes (also noch nicht an die Membran gebundenes flüssiges Colloid), durch Imprägnation der Membran mit Alkohol, Äther, Aldehyden, Fetten, Zucker, Glycerin etc.

So kann ein Komplex, der im Wasser colloidal ist, z. B. durch Fett gelöst werden.

Wir können also allgemein den Satz aufstellen, dass mit der Konzentration des Colloides die ursprüngliche Eigenschaft der Flüssigkeit zurückgedrängt wird. Es diffundieren zwar die in der Flüssigkeit löslichen Substanzen in konzentrierte Colloide hinein; aber es treten nach und nach sehr grosse Differenzen in Zeit und Konzentration auf, so dass man von einer Selektion sprechen muss, indem die Eigenschaften des Colloides immer mehr in den Vordergrund treten neben den Eigenschaften der das Colloid durchtränkenden Flüssigkeit, die immer mehr zurückgehen.[1])

Anmerkung. Die Beziehungen der Flüssigkeit zur Membran und die gegenseitige Veränderung ist nicht sicher bekannt, ob Hydration, blosse Absorption und Kontaktwirkung oder sogar auch Veränderung des Aggregatzustandes. Vergleiche Diskussion und ferner Ponsot und Guillemin. Compt. rend. sc. 138, 1904, p. 356. Wasser gehe als Gas durch die Membran.

Das Wesen der Membranfunktion, speziell eben deren Durchlässigkeit elektiver Art ist Voraussetzung für das Verständnis einer sehr grossen Zahl physikalischer und physiologischer und speziell auch pathologischer Prozesse. Die Erklärungsversuche der verschiedenen Zeiten waren ausserordentlich verschieden, Dutrochet, Graham etc. und alle stützten sich auf eine Erklärung einzelner Beobachtungen. (Raoult, Compt. rend. science 121—187; Raoult, Zeitschr. f. physik. Chemie, 17, 1895, p. 737; Tammann, Zeitschr. f. physik. Chemie, 1892, Bd. 22, 1897 (Absorptionsschnelligkeit); Lhermite, Compt. rend. sciences 39, 1854, p. 1177; Flusin, l. c., Graham, Thomas, Compt. r. Ac. scienc., 63, p. 973. Sur l'endosmose et la dialyse.

---

[1]) Steinbrink, Untersuchungen über die Kohäsion strömender Flüssigkeiten. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik 1904, 42, p. 579.

Anmerkung: Die Theorien des Durchtrittes des Wassers durch die Membran waren sehr verschieden: Reuss, Porret, Wollastone nahmen elektrische Kräfte als treibende Ursachen an, andere. Veränderung der Membran durch das Wasser (Dutrochet, Graham), vergl. L'hermite: „La force motrice de l'endosmose est l'attraction de la membrane pour l'eau".

Vor allem dachte man an eine chemische Vereinigung zwischen Flüssigkeit und Membran. Chevreul nahm chemisch und daneben kapillar gebundenes Wasser an, weil es so ungleich schwer entfernt werden könne. Quincke und Lüdeking nehmen eine Art Affinität an, weil die Quellung anfangs mit Wärmeproduktion erfolgt, die maximale Quellung und Lösung unter Wärmeabsorption, während Pickering (1891) die „chemische Residualaffinität" als Erklärung für die physikalische Natur der Lösung annimmt und auch als Grund für die Absorption.

Voraussetzung jedes Transportes ist eine treibende Kraft und dass die Teile, die bewegt werden sollen, in einer Form vorliegen, die ihnen den Durchtritt erlaubt, also nicht zurückgehalten werden, absorbiert werden etc.

So kommt bei der Diffusion der osmotische Druck nur dann als bewegende Kraft zur Geltung, wenn die Lösungsmittel oder eine der Substanzen im System durch die Membran durchtreten kann — von ihr nicht zurückgehalten wird.

Wenn Substanzen nur in mit Flüssigkeit getränkten Membranen löslich sind, können sie selbstverständlich nur dann durchtreten, wenn diese Flüssigkeit ein kontinuierliches System durch die Membran hindurch und in die andere Flüssigkeit hineinbildet.

Beeinflussung des Gleichgewichtes durch die Membranen vor der Diffusion.

Wenn die gelösten Stoffe durch den Vorgang des Gelöstwerdens mit ihren Molekülen und dem Lösungsmittel infolge irgend einer Form von Anziehungskraft Komplexe bilden und anderseits die quellbaren, kohärenten, membranbildenden Colloide in ganz verschiedener Abstufung sich mit Wasser verbinden[1]), so muss notwendigerweise an einer bestimmten Konzentrationsgrenze eine Konkurrenz um das Lösungsmittel zustande kommen, resp. eine Art Gleichgewicht[2])

---

[1]) Van Bemmelen.

[2]) Cloetta 1851, Diffusionsversuche durch Membranen. 1851, Zürich, u. Ludwig haben dieses Gleichgewicht bewiesen dadurch, dass sie zeigten, dass konzentrierte Colloide und speziell ausgetrocknete Membranen — z. B. Wasser aus gesättigten Lösungen — absorbieren und Salz zum Ausfallen bringen. In allen Fällen wurde von den festen colloidalen Massen Salz aus der Flüssigkeit weggedrängt, sie imbibierten sich mit einem viel geringeren Prozentgehalt der Salzlösung. Nach eigenen Experimenten variiert der Salzgehalt der absorbierten Flüssigkeit mit dem Quellungsgrad. Vergl. Buchheim, Arch. f. physiol. Heilkunde 12, 1853, p. 217; Olechnowicz, Experim. quaedam de endosmosi Dorpat 1851. Aber notwendigerweise wird sich nach dem Vorhergehenden zuerst ein Gleichgewicht in der Membran einstellen zwischen Flüssigkeit einerseits und gelöstem Stoff und Membran andererseits und erst dann wird ein Austausch, eine Diffusion eintreten — diese wird abhängig sein von Konzentration, Temperatur, Diffusionsweg (gleich Dicke der Membran).

Oker-Blum, Zeitschrift f. physik. Chemie, 1901. Wenn man auf die eine Seite einer senkrechten Ferrocyankupfermembran eine starke Kochsalzlösung bringt und auf die andere Seite eine starke Kupfersulfatlösung, so fällt zuerst das Niveau der $CuSO_4$-Lösung, geht durch ein Minimum und steigt nachher wieder an, bis Kochsalzgleichgewicht auf beiden Seiten erreicht ist. Vergl. die Resultate von Kahlenberg: On

(auch wenn die Natur der Kräfte ganz verschieden angenommen werden muss).

Die notwendige Folge wird also sein, dass eine sehr starke Konzentrierung von netzbaren Colloiden, wie sie in Membranen vorliegen, eine Verschiebung der Beziehungen Lösungsmittel — gelöster Stoff zur Folge haben muss und damit auch eine Verschiebung der Austauschverhältnisse: die Membranfunktion tritt auf.

Soll das Lösungsmittel diffundieren können, so muss es in der Membran löslich sein, die Membran netzen. (Brücke, Liebig, Nollet, cit Dastre, Lhermite, Flusin, auch Amar, Cohnstein etc.)

Wenn wir die komplizierten physiologischen und pathologischen Vorgänge nachher in ihren Beziehungen zu Membranfunktionen betrachten wollen, müssen wir jetzt schon im Auge haben, dass dort sowohl die Membranen nach Komponenten (colloider und nicht colloider Art) und nach Schichtung kompliziert sind und variieren, ferner dass in den in Betracht kommenden Lösungen immer Gemische vorliegen von Colloiden, Kristalloiden, Elektrolyten und dass die Möglichkeit des Durchtrittes einer Substanz oft an das Vorhandensein einer andern Substanz gebunden ist, also sehr komplexe Vorgänge vorstellen, deren Gesamtvariation später diskutiert werden soll. Nur eine systematische, experimentelle Synthese der verschiedenen Möglichkeiten der Variationen der Membranfunktion lässt überhaupt die Pathologie verstehen.

Beeinflussung des Stoffaustausches durch eine Membran, durch die Konzentration eines trennenden Colloides.

Die wichtigste und bis heute in ihren Ursachen und Bedeutung nur äusserst selten beachtete Eigenschaft der Membran ist die **Veränderlichkeit** der Permeabilitätseigenschaften, die, wie ich nun systematisch durchführen möchte, als Hauptthema dieser Arbeit, **auf Colloideigenschaften** beruht.

Die Annahme konstanter Eigenschaften von Membranen ist heute eigentlich noch die allgemein herrschende (vergl. Overton), wenigstens sind es nur sehr wenige Autoren, die sich bis heute mit dieser Frage beschäftigt, trotzdem es ja eine sehr auffällige Tatsache ist, dass in

---

the nature of the process of osmosis and osmotic pressure with observations concerning dyalysis. Transact. Wisconsin Accad. XV. 1904/05, p. 209.

Durch den Umstand, dass in das System mit der Membran ein festes Colloid eingetreten ist, das mit allen Diffusionsvorgängen in Beziehung tritt, müssen wir die verschiedenen Möglichkeiten analysieren, die auftreten durch den verschiedenen Charakter des Lösungsmittels, des Membrancolloides und vor allem des gelösten Stoffes.

der Physiologie und speziell in einer äusserst grossen Zahl pathologischer Prozesse Veränderungen von Membraneigenschaften reversibler und irreversibler Art die Hauptrolle spielen und erst die Möglichkeit schaffen, uns eine genaue Vorstellung zu machen von den pathologischen Prozessen, natürlich zusammen mit den durch die Morphologie gegebenen Werten (Dicke, Verteilungs-, Fällungs- und Entmischungsformen durch Fixation und Färbung).

Die reversiblen Veränderungen der Membraneigenschaften, die die wesentlichen Erscheinungsformen des Lebens bedingen, sind zu unterscheiden von der nicht reversiblen Veränderung, die sich nach sehr verschiedenen Richtungen erstrecken kann, durch Aufnahme fremder Körper und Fixation (Jonen und Colloide) durch Schichtbildung, durch Auflösung und Flüssigwerden (Aufhebung der Strukturen durch fermentative und bakterielle Prozesse).

Die Diffusion von Kristalloiden in Flüssigkeiten hinein, in denen andere Substanzen, mit denen sie nicht chemisch reagieren, gelöst sind, ist der allgemeinste Fall, von dem wir zur Untersuchung der Membrandiffusion ausgehen müssen.

Graham hat die ersten Versuche gemacht, die Substanzen in gequollene Colloide hinein diffundieren zu lassen. Er kam zu dem Schluss, dass ein wesentlicher Unterschied der Diffusion in Colloide hinein nicht vorhanden sei gegenüber von Diffusion in Flüssigkeit. Zu demselben Schluss kamen noch Brown und Escombe.[1])

Stefan wies aber nach den Zahlen von Graham schon 1879 nach, dass eine Verlangsamung des Diffusionsstromes durch Colloide bedingt sei.

Für das Verständnis der Membraneigenschaften und speziell deren Variationsfähigkeit ist es zweckmässig, zu untersuchen, wie die charakteristischen Membraneigenschaften successive bei Variation einer Komponente sich zeigen.!

Machen wir den Versuch, zu einem Flüssigkeitsmilieu Colloid zuzusetzen und beobachten den Diffusionsvorgang, dann sehen wir zuerst fast gar keine Veränderungen (Graham, Reformatzky, Voigtländer, Levy, Brown und Escombe).

Erst bei hohen Konzentrationen wird der Einfluss merklich und zuletzt treten die Eigentümlichkeiten der Membran ausserordentlich stark in den Vordergrund; die Diffusion wird vor allem in bezug auf die einzelnen Anteile zeitlich sehr stark verschoben. Erhöhung des Flüssigkeitsgehaltes der Membranen bringt die früheren Diffusionseigenschaften der ursprünglichen Flüssigkeit wieder zur Geltung.

---

[1]) Brown und Escombe, Trans. roy. soc. 193, Bd. 1900, p. 223. De Vries recueil de travaux chim. Pays-Bas 3, 1884, p. 375.

In diesem Beispiel tritt etwas typisch vor uns, was wir festhalten müssen: Zusatz von H_2O drängt die Membraneigenschaften zurück, Entzug stellt sie wieder her; also: das Vorhandensein eines Körpers in der Membran ändert die Permeabilitätsverhältnisse parallel der Konzentration kontinuierlich, successiv und reversibel.

Über die Entstehungsbedingungen der Membranen.

Spezialstellung der Grenzflächen.

Bis jetzt haben wir die Colloidschicht, die als Membran funktionieren soll, als bestehend vorausgesetzt, aber betont, dass sie ein instabiles Gebilde sei, das variiere, sich verfestige etc., aber auch sich lösen und seine Struktur aufgeben könne und damit die mechanische Voraussetzung der Membraneigentümlichkeiten.

Wann treten bei Stoffverschiebungen in flüssigen Systemen Schichten von Membrancharakter auf?

In der Theorie der Lösung, speziell der verdünnten Lösungen, wird eigentlich nur mit der Zahl der Moleküle und der Jonen gerechnet, währenddem alles was dazwischen ist (das Lösungsmittel) als eine leere Raumfunktion betrachtet wird, ohne durch den gelösten Stoff veränderliche Eigenschaften.

Gerade diese Hypothese an der Theorie der Lösung wird dann verhängnisvoll, wenn das Lösungsmittel durch Zusätze (und uns interessieren speziell die Colloide) so verändert wird, dass es in gesetzmässiger Weise die Beziehungen vom gelösten Stoff zum Lösungsmittel, die die Theorie der Lösung als nicht bestehend voraussetzt, beeinflusst.

Man kann nicht genug betonen, dass die Membranen variable, oft passagere Gebilde sind, die verschiedene Arten der Entstehung haben (mit und ohne gleichzeitige chemische Reaktionen), verschiedene Resistenz und Existenzbedingungen und dass vor allem die Funktionen der Membran abhängig sind von deren Vergangenheit.

Die Grenzflächen zwischen zwei Medien haben andere Eigenschaften als das Innere der Massen und diese Spezialstellung der Grenzzonen schaffen wichtige Veränderungen. Diese Veränderungen in der Oberflächenzone sind:

1. Die Oberflächen haben gegenüber der Innenmasse eine bestimmte Elastizität durch die Oberflächenspannung, die sich normalerweise parallel der Temperatur verändert [1],

---

[1]) Monti. Nuovo Cim (4) 5, 1899. p. 186. Ramsay, Shield. Kein krit. Punkt bei 4° z. B. bei Wasser. Jäger, Wien. Ber. 1897. u. 1891, No. 100 etc.

2. ferner scheint die Oberfläche eine grössere Lösungsgeschwindigkeit zu haben oder mindestens einen schnellen Wegtransport der gelösten Substanzen, so dass ein in die Flüssigkeit getauchter Stab in der Höhe der Oberflächenzone viel schneller durchgefressen wird, als in der Tiefe des Lösungsmittels selber (Spring),

3. variiert die Oberflächenspannung durch elektrische Beeinflussung (Lippmann-Phänomen und dessen Beeinflussung).

Diese Spezialeigenschaften der Oberfläche haben nun verschiedene Folgen, indem sie verschiedene Veränderungen bedingen, die speziell bei einzelnen Lösungen ihrerseits die Oberflächeneigenschaften verändern.

Die biologisch wichtigste Veränderung der Grenzschichten, die diese Spezialstellung der Oberflächen schafft, ist eine Konzentrierung von Substanzen in der Grenzfläche, wenn damit eine Herabsetzung der Oberflächenspannung einhergeht.[1]) Der Schaum mit vielen Oberflächen enthält mehr gelöste Substanz als die Flüssigkeit.

Diese Konzentrierung geht soweit, bis die Oberflächenspannung bis zu dem Punkte heruntergesetzt ist, dass die Lösungsdifferenz in der Oberfläche und in der Masse durch ungleiche Verteilung ausgeglichen.

Diese Konzentrierung muss abhängig sein von der Tiefenausdehnung, in der die Oberflächenkräfte wirken. Mit dem Moment, wo die Oberfläche in der Schichtdicke, die dieser Kraftzone entspricht, gesättigt ist, wird eine Konzentrierung aufhören. Es entsteht also eine bestimmte Schichtdicke,[2]) als primäre Folge der Oberflächenkräfte.

Dieses Gleichgewicht stellt sich nun bei verschiedenen gelösten Substanzen und bei Gemischen ungleich schnell ein. Bei Kristalloiden im allgemeinen viel schneller als bei Colloiden. Bei Colloiden kommt nun die neue und äusserst wichtige Funktion des Colloidalzustandes zur Geltung, dass Colloide, speziell quellbare hydrophile Colloide sich verändern, verfestigen und successive ohne kritischen Punkt dem festen Zustand nähern.[3])

---

[1]) Vergl. ausser 1. Teil Melsens. Sur les Modifications apportées à l'albumine etc. Compt. rend. sc. 33, 1851, p. 247. Harting, Neederlandsch. Lancet I, 1851, M. 4. Marangoni, Nuovo Cim. Avrile 1872. Gibbs, Trans Connecticut Acad. III, 1874, p. 343 u. 380. Die übrige Literatur Metcalf u. Freundlich, Absorption in Lösungen und Zangger, Ergebnisse der Physiologie 1907.

[2]) Alte Beobachtungen: Schon Melsens beobachtete die Entstehung von Oberflächenhäutchen und bezog sie auf eine Wirkung der Oberflächenkräfte, auch er schon suchte mit allen Mitteln chemische Veränderung und Austrocknung etc. auszuschliessen, so dass eigentlich nur noch die Oberflächenspannung übrig blieb. Vergleiche Harting l. c.

[3]) Hierher gehören die ersten Erscheinungen der Wundheilung, des automatischen Abschlusses nach aussen (speziell in der in den Ergebnissen der Physio-

Wenn diese Verfestigung an den in der Oberfläche konzentrierten Colloiden eintritt, werden wir eine zusammenhängende, feste Schicht bekommen, die, sobald sie kontinuierlich und eine bestimmte Dicke erreicht, eine Membran bildet, also ein Häutchen, eine mechanische Trennung erzeugt.[1])

Diese Membran wird nun die Vorgänge in der Grenzfläche in einer bestimmten Weise beeinflussen.

Die Stoffe, die wir als physiologische Membranbildner betrachten wollen, sind hydrophile Colloide von elektrisch indifferentem Charakter, weniger elektrolytempfindlich und in vielen Beziehungen reversibel.

Die Veränderung der Beziehung zwischen zwei Medien durch eine Einlagerung in die Grenzfläche ist natürlich abhängig von der Kohärenz und Kontinuität. Vor allem aber ist eine bestimmte minimale Schichtdicke notwendig, bis diese Beziehungen in einer für diese Membran charakteristischen Weise verändert werden. Speziell Devaux und andere haben für Colloide bestimmt, dass eine Schichtdicke von 0,000006 mm z. B. die Oberflächenspannung sprunghaft heruntersetzt. (Ich habe im ersten Teil darauf hingewiesen, dass diese Grössenordnung in auffallender Weise in der Physik häufig wiederkehrt.[2]) Diese Schichtdicke ist Voraussetzung für das Zustandekommen der Membraneigenschaften, die für eine bestimmte Substanz charakteristisch sind (vergl. Anm.).

Wie weit sich eine solche Membran nun sekundär noch in der Dicke ausdehnt, muss abhängig sein von der Oberflächenspannung, die durch das Festwerden des Colloides wieder auftreten kann, oder aber die Oberflächenkräfte wirken, sich langsam verlierend weiter in die Tiefe, so dass ein allmählicher Übergang von der konzentrierten Colloidschicht zur Lösung zustande kommt, dass also diese Konzentrations-

---

logie 1907 zitierte Literatur), ferner Prowaceck, Biolog. Zentrbl., Nov. 1907. Verschaffelt, Réaction cicatricielle chez les Amarylidées. Rec. bot. Neerland. 4, 1907. Abscheidung von Suberinen, also hoher 8 C-Ketten, die sich zu Colloiden polymerisieren. Marcus, Har., Aggregatszustand der Keimmembran. Sitzungsber. morpholog.-physiolog. Gesellschaft München 23 (1907), p. 61.

[1]) Milner, On surface concentration and the formation of liquid films. Phil. mag. (6), Vol. 73, p. 96, 1907. Shorter, London. phil. mag. (7) Vol 11, No. 62. 1906. p. 317. Rhode, Ann. der Physik (4), XIX. 1906, p. 935. Forch, Drude Ann. der Physik 17, 1905, p. 744 (Oberflächenspannung in Salzlösungen). Metcalf, Zeitschrift f. phys. Chem. 52 (1), 1905, p. 1 (Peptonhäutchen auf Wasserlösung). Devaux, Proc. Verb. Bordeaux 1903—04. Zawidsky, Zeitschr. f. phys. Chem. XLIII, 1903, p. 612. Über die Absorption und deren Bedeutung für die Veränderung der Grenzflächen vergl. auch Gouy, Sur la Fonction electro-capillaire, Ann. d. Chimie et de Phys. 7, t. 29, 1903, p. 145 und folgende Bände. Freundlich l. c.

[2]) Müller-Erzbach, Über das Wesen und über Unterschiede der Adsorption Wien. Sitz.-Ber. d. math. naturwiss. Klasse 111. IIa. 1902, p. 684, und Wirkungsweite der Molekularkräfte. Wied. Ann. 67, 1899, p. 899 gibt grössere Schichtdicken an.

membran ein asymetrisches Gebilde ist mit zwei ganz verschiedenen Seiten, dessen dem Colloid inhaerente successive Veränderungstendenz die Ursachen immer weiterer Veränderungen ist, die nicht auf beiden Seiten gleiche Funktion zu haben braucht. Die Ungleichheit der beiden Seiten kann eine Ungleichheit der Funktion bedingen.

Die Membranen entstehen in der Natur zwischen zwei ungleichen Medien, also in Trennungsflächen. Der Charakter dieser Trennungsflächen und der darin entstehenden und durch die Funktion der Trennungsfläche lokalisierten Grenzzone (Schichten) ist nun sicher sehr verschieden und hat vor allem eine bestimmte Dickenausdehnung, die den zeitlichen Verlauf aller Vorgänge beeinflusst (meist verzögert).

Solche Schichten entstehen durch blosse Oberflächenkonzentration, speziell colloidaler Substanzen, die sich nach und nach verfestigen, 1. entweder direkt infolge der Konzentration oder 2. infolge von Oxydation oder chemischen Einwirkungen anderer Art (Niederschlagsmembranen, ebenfalls Colloide).

Konzentrationsveränderungen kommen fast in allen Grenzflächen vor, (Konzentrationsveränderungen die natürlich positiv oder negativ sein können), die aber, wenn keine Colloide vorhanden sind, oder entstehen, im allgemeinen keine typischen Membranen bilden, wie sie speziell in Lebewesen vorkommen. — Sobald sich aber solche Substanzen mit schon bestehenden Membranen verbinden, so haben wir mit durch die Einlagerung bedingten Veränderungen der Permeabilitätseigenschaften zu rechnen.

Alle Substanzen, die die Oberflächenspannung heruntersetzen, haben die gemeinsame Eigenschaft kompressibel zu sein, das gibt Anhaltspunkte für die Deutung der Art des Oberflächendruckes.

Alle Stoffe, deren Wirkung auf die Oberflächenspannung sich durch Temperaturerhöhung nicht gleichmässig (geradelinig) verändern, liegen nach aller Wahrscheinlichkeit bei den betreffenden Temperaturen in der Oberfläche in Komplexen vor; das deutet darauf hin, dass sie unter der Wirkung der Oberflächenspannung andere Formen und Beziehungen haben als im Milieu, also strukturiert sein müssen (Homphrey und Gouy).

Unter den Colloiden gibt es nun auch eine Gruppe, die leicht in die Oberflächen geht und dabei die speziellen Colloideigenschaften mitnimmt, nämlich: durch Konzentration sich zu verändern, verfestigen, elastisch oder viskös zu werden und damit werden neue Eigenschaften gerufen.

Anmerkung: Dass zu diesen Vorgängen und Verschiebungen Lösungseigenschaften gehören, die durch bestimmte Atomgruppen bestimmt sein können und verändert werden können, ist klar; gerade so wie durch gleichzeitig in der Lösung vorhandene weitere Körper.

Die Membranen haben also Colloideigenschaften: Infolge der Konzentration, der Zeit und unter dem konstanten Einfluss der Oberflächenwirkung entstehen Strukturen, die verändert werden können. Als Colloide können sie einerseits gelöst werden durch andere Colloide im Überschuss, durch kombinierte chemische Prozesse (Fermente und Oxydation und Salze), anderseits können sie verdichtet werden durch Anlagerungen, gegerbt durch Einlagerungen anderer Colloide und Jonen oder sich dehnen (wachsen) durch lokalisierte Intussuszeption anderer Colloide (folgende Kapitel).

Veränderungsmöglichkeiten der Membranen.

1. Permeabilitätsänderungen: durch Zusätze und Strukturveränderungen.

Das wesentlich Neue und der Grund, warum ich eine ausführliche Arbeit über das Membranproblem publizierte, liegt in der Erkenntnis, dass die für das Verständnis der pathologischen Vorgänge vielleicht wichtigste Vorstellung darin besteht, dass die Membraneigenschaften keine unveränderlichen Grössen, sondern dass sehr verschiedene Einwirkungen auf ein Membransystem den Austausch sehr weitgehend (ja sogar praktisch qualitativ) verändern können und zwar in einer Weise, dass die veränderte Eigenschaft bleibt, in anderen Fällen jedoch tritt die Veränderung nur für kurze Zeit auf.

Vorübergehende reversible Veränderungen in den Durchtrittsgesetzen können auf folgenden Wegen erreicht werden: Dadurch, dass man von aussen temporär eine treibende Kraft zuführt, die je nach Art verschiedene Substanzen fortbewegen kann: wie elektrische Ströme oder hydrostatischer Druck (Filtration) und zwar in befördernder oder hemmender Richtung oder aber durch Zusätze: Lösung einer weiteren Substanz bewirkt Erhöhung oder Herabsetzung der Durchlässigkeit durch ihre Gegenwart im System, resp. in der Membran. Durch Entfernung dieser Substanz treten die alten Permeabilitätseigenschaften wieder auf und zwar beziehen sich diese Permeabilitätsänderungen auf Kristalloide, aber auch sehr langsam durchtretende Colloide.

Von diesen Permeabilitätsveränderungen können wir aber nur dann als von reversiblen Zuständen sprechen, wenn die Einwirkung kurze Zeit dauert (je nach dem Grad und dem Verhalten, Minuten bis Tage), bei jahrelang dauernden Zustandsänderungen kehrt der ursprüngliche Zustand nie wieder.

Regelmässig ergeben aber Beeinflussung der Membranen durch entgegengesetzt geladene Colloide Dauerveränderungen, ebenso durch

Schwermetallsalze,] mit mehrwertigen, der Membran entgegengesetzt geladenen Jonen.

Gleichsinnig geladene Colloide können Membranen verquellen und lösen; je länger die Membran besteht, desto weniger wird sie quellen (vergl. Kapitel: Über dauernde Veränderungen Colloidwirkungen).

Stoffel hat in meinem Institut im Lauf des letzten Jahres eine prinzipiell wichtige Tatsache für die Charakteristik der Membranfunktionen gefunden: nämlich, dass speziell bei reinen Colloiden (ohne Kristalloide) auch sehr geringe, bis jetzt ganz unbeachtete Einwirkungen, wie ungleich schnelles Erstarren, den Diffusionsweg beeinflussen können und zwar unter Umständen entgegengesetzt für Kristalloide und Colloide.

a) Zusätze, die die Membranen reversibel verändern können.

1. Variation durch Verschiebung der Konzentration der Bestandteile — denn zur Membranfunktion ist bei Flüssigkeitsdiffusion immer ein kompliziertes System (Colloid und Flüssigkeit oder andere Körper) notwendig, die alle verändert werden können.

Der Grad der Quellung, also die relative Masse des Wassers oder der Lösung in der Membran, bedingt die Durchlässigkeit.

Die Tatsache, dass in der Membran ein Teil des Wassers nicht frei, sondern in irgend einer Form gebunden sich befindet, verschiebt das Verhältnis von den drei Körpern (Colloide der Membran, Wasser und gelöstem Stoffe) zueinander.

2. Aber noch viel unerwartetere Folgen stellen sich oft bei Zusatz von mehreren neuen Körpern ein, da in einer Colloidmembran die Massen zu einem grossen Teil in einem Übergangszustande vorliegen, den Grenzschichten fest flüssig entsprechend und die Verteilung der Körper infolgedessen unter der Wirkung spezieller Kräfte steht, Kräfte von grosser Flächenausdehnung, aber geringer Tiefenwirkungen in die homogenen Massen hinein, so müssen flächenhafte Konzentrierungen entstehen. Dass ein solches neues spezifisches Substanznetz von grosser Flächenausdehnung für Transportverhältnisse durch die Membran hindurch von grösster Bedeutung sein wird, ist klar, da ja gerade ein Stoff, der in der Grenzzone sich anordnet, eine Verbindung spezifischer Art zwischen beiden Seiten der Membran herstellen kann.

Kann der Stoff entfernt werden, (herausgespült oder chemisch-physikalisch verändert), so bekommt die Membran andere Eigenschaften, zum Teil wieder die früheren.

Die Veränderungen der Permeabilität von Membranen für eine Substanz sind sicher ausserordentlich häufig, aber es existieren relativ

wenig experimentelle Untersuchungen darüber. Die Gesetze gehen natürlich im Sinn den so komplizierten Gesetzen der Lösungsbeeinflussung parallel.[1])

Die in der Membran vorhandenen oder in sie eintretenden Substanzen erleichtern den Durchtritt anderer Substanzen, die zu diesen in einer gewissen Beziehung, resp. Verwandtschaft stehen, je nach der Konzentration. Durchlassen spezieller Substanzen, z. B. der Fermente, ist sicher nicht sehr weitgehend spezifisch, aber unter den gegebenen Umständen eben doch nur auf eine Substanz passend, von einer der vorhandenen Substanzen spezifisch provoziert.

Es ist sehr auffällig, dass sogar bei den grossen industriellen Verwendungen der Membran, die Variationen der Membraneigenschaften nicht untersucht worden sind. So lässt Dutrochet das Wesen der Membran unbeachtet (Lhermite sagt: il laissa toujours dans le vague l'action de la membrane), während Graham selbst in der spätern Zeit der Ansicht ist, dass eine Veränderung der Membran die Voraussetzung der Osmose sei.

In dieser Beobachtung von Graham liegt schon die Erkenntnis, dass Membranen sich verändern.

Tatsächlich verändern die Membranen auch ihr Aussehen, je nach der Flüssigkeit und der durchtretenden Substanz; so kann man leicht sehen, dass Membranen bei einzelnen Flüssigkeiten quellen und dunkler oder durchsichtiger erscheinen, in andern Fällen weiss werden, uneben, in wieder andern Fällen sich färben, gefärbte Substanzen absorbieren.

Im ersten Teil wurde betont, dass die Veränderungen reversibel oder irreversibel sein können.

Reversibel besonders, wenn eine Verschiebung der Durchlässigkeit eintritt durch blosse Gegenwart bestimmter Substanzen, die die Durchlässigkeit für andere Substanzen (und deren Absorption) erhöhen oder bedingen.

Wir haben hervorgehoben, wie wir die Veränderung der Diffusion durch successive Konzentrierung des Colloides verfolgt haben (also bei successiver Steigerung der Annäherung an die Membranverhältnisse), dass die Gegenwart bestimmter Stoffe, wie z. B. Wasser, die Durchlässigkeit erhöhen, eventuell auch erniedrigen kann.

Die experimentelle Beweisführung, dass Gegenwart bestimmter Substanzen die Durchlässigkeit verändert, ist speziell von Bechhold

[1]) Die meisten früheren hierhergehörigen Beobachtungen, die diese Gesetze verfolgen, sind auf pflanzenphysiologischem Gebiet gemacht, Anpassungen, Regulationen etc. Die neuere Zeit bringt uns Probleme (Bakt. Anpassung, Erhöhung der Giftwirkungen und Virulenz etc.), die vorläufig in der Variation der Permeabilität die erste vergleichbare Parallele haben.

und Ziegler geführt worden. Der Ausgangspunkt für die Wahl der Zusätze war, dass die Diffusion wohl der Festigkeit, resp. Viscosität parallel gehen dürfte, oder dass Substanzen, die den Schmelzpunkt heruntersetzen, wohl auch die Diffusion erleichtern würden.[1])

Bei organischen Substanzen zeigte sich eine Art Parallelismus in einer andern Richtung, wenn auch nicht durchgehend, dass eine Substanz den Durchtritt der Verwandten in der Weise beeinflusst, dass gut Durchtretende allgemein den Durchtritt der Verwandten erleichtert.[2])

Es drängt sich hier wieder die für die Colloide so typische und so verwickelte Eigenart in den Vordergrund, dass nebeneinander viele gleichwertigen Faktoren wirksam sind bei den gewöhnlichen Temperaturen etc.

So spielt hier nach allem neben der rein, resp. zu mechanisch aufgefassten Viscosität und Widerstand, die Lösungsbeeinflussung die grösste Rolle, wie Stoffel, von diesen Gesichtspunkten ausgehend, feststellen konnte.[3])

Das für die Biologie Wesentlichste an den Permeabilitätsänderungen der Membran liegt in der Tatsache, dass Membranen unter bestimmten Umständen auch Colloide besser resp. leichter in grossen Quantitäten durchtreten lassen, und dass auf dieser Tatsache eine Reihe der wichtigsten biologischen Probleme beruht, z. B. die temporäre Absonderung der Fermente, wohl auch bestimmter Immunkörper etc.

Es liegen bereits einige Befunde vor in der Physik und in der physikalischen Chemie, vor allem aber eine grosse Reihe biologischer Tatsachen, die nur durch die Annahme einer Permeabilitätsänderung erklärt werden können.

Wir können die Befunde gruppieren in Beeinflussung von Colloiddurchtritt unter folgenden Bedingungsänderungen:

1. Begünstigung des Ausgleiches im System durch { Kristalloide / Colloide,

---

[1]) Bechhold und Ziegler, Niederschlagsmembran in der Gallerte und die Konstitution der Gelatinegallerte. Ann. d. Physik (4) 20. p. 900 (1906). Zeitschrift f. physikal. Chemie 56. p. 105.

[2]) Diskussion: Dr. Kaufler hebt hervor, dass diese Tatsachen über die Veränderung der Durchlässigkeit der Membranen auch erklären, warum der Geruch bestimmter Substanzen durch nicht riechende Zusätze sehr erhöht werden könne. Eine Erfahrung, von der in der Riechstofftechnik ausgiebig Gebrauch gemacht werde.

[3]) Aus den Publikationen geht hervor, dass nicht jeder Stoff, der den Schmelzpunkt verändert, auch den Diffusionsweg für alle Stoffe verschiebt, sondern im Gegenteil, dass chemisch verschiedene Stoffe von analoger Wirkung auf den Schmelzpunkt, den Diffusionsweg ganz verschieden, ja entgegengesetzt beeinflussen können (wie wir auch bei andern Einflüssen fanden, vergleiche Stoffel).

2. durch von aussen zugeführte Kräfte[1]
   - Filtration (resp. spezifisches Gewicht, Hydrostatischer Druck),
   - elektrischen Potentiale resp. Strom (Kataphorese).
3. Veränderung der Permeabilität durch Strukturdifferenzen fester Colloide (Stoffel), die sich nach und nach ausgleichen können.

Dem gegenüber stehen die dauernden Veränderungen in bezug auf Colloiddurchlässigkeit, die vor allem bedingt sind durch elektrische Eigenarten der einwirkenden Substanzen: spez. mehrwertiger Jonen. (Einzelne chemisch einfache organische Körper, die die Lösungsfähigkeit von organischen Substanzen beeinflussen, z. B. Aminosäure etc., erhöhen die Durchlässigkeit dauernd).

Harnstoff etc. bedingt Verquellungen, Lösungen von festen colloidalen Gelatinemassen, ebenso Überschuss des gleichartigen Colloides.

Entgegengesetzt geladene Colloide bedingen Verfestigung, selten Lösung. Es gibt Colloidkomplexe aus positiven und negativen Colloiden, die nicht ausfallen, noch festwerden. Gewöhnlich ist die typische Art der Präzipitatbildung bei Colloiden nur leicht möglich bei Gegenwart von Elektrolyten. Friedemann fand, dass die Fällungszone ohne Salze sehr eingeengt wird. Larguier des Bancels hat Lösung von ausgefällten festen Colloidkomplexen durch Glyzerin, Alkohol, Aceton nachgewiesen.

Dass einzelne Colloide überhaupt durch Membranen durchtreten, wenn auch sehr langsam und ungleich, wurde experimentell hauptsächlich von Tammann[2], Meerburg[3] untersucht.

Meerburg fand, dass Ferrocyankupfermembranen Farbstoffe, wie Fuchsin, Ponceau lange Zeit zurückhalten, dass sich aber die Membranen successive in der ganzen Dicke durchfärben und dass sie dann den Farbstoff nachträglich auch durchtreten lassen.

Wenn man die Reihen von Untersuchungen, die Anhaltspunkte geben über Durchlässigkeit der verschiedenen künstlichen Membranen, überblickt, so kommt man hier zu dem Schluss, dass die Membranen für diejenigen Colloide durchlässig sind, die sie absorbieren.

Je nach der Dicke und der Quantität der Membransubstanz braucht es aber eine relativ grosse Menge Colloid zur Imprägnation dieser Membran und diese Menge ist für die Permeabilität verloren (be-

---

[1] Wird hier nicht besprochen.

[2] Tammann, Über die Permeabilität der Niederschlagsmembranen. Zeitschrift f. phys. Chemie 10, 1892, p. 255.

[3] Meerburg. Zur Abhandlung Tammanns: Permeabilität der Niederschlagsmembranen, Zeitschr. f. phys. Chemie 11, 1893, p. 446. Walden, Über Diffusionserscheinungen an Niederschlagsmembranen. Zeitschr. f. phys. Chemie 10. 1892, p. 699.

sonders wenn sie erstarrt), denn nur nach Sättigung der Membran ist Durchtritt möglich, also tritt vor allem eine enorme Verzögerung auf.

Für die physikalischen Bedingungen des Colloiddurchtrittes durch feste Colloide haben folgende neuere Untersuchungen Bedeutung:

1. Hat Malfitano [1]) gezeigt, dass positives $Fe(OH)_3$ durch negative Collodiummembranen nur spurweise durchtritt, dass sich das positive Colloid in der negativen Membran niederschlägt und dass von einem bestimmten Punkt an keine Eisenhydrate durchtreten.

2. Hat Henri und Mitarbeiter [2]) darauf aufmerksam gemacht, dass Colloidgemische mit ausgesprochenen elektrischen Eigentümlichkeiten nur so lange Colloidmassen durchtreten lassen, bis der als Membran funktionierende Teil so imprägniert ist, dass er das der durchtretenden Masse entsprechende Zeichen angenommen. Ferner wird von Henri und Iscovesco betont, dass frisch entstehende Niederschläge, die als Membran funktionieren, sich nur anfangs in Colloiden leicht lösen lassen.

3. Bechhold [3]) hat gefunden, dass, je nach der Filterdicke, resp. Membrandicke, verschiedene Colloide durch Gelatinefilter unter Druck passieren.

Als Prinzip muss man hier beachten, dass:

1. Colloide elektrisch gleichen Zeichens und gleicher Ladung sich mischen, lösen, quellen können.
   Also werden speziell Colloide elektrisch gleichen Zeichens andere imbibieren, durchtreten.
2. Ganz anders verhält es sich mit Colloiden ungleichen Zeichen: Sie werden sich bis zur Neutralisation verfestigen (verfolgt von Malfitano, Henri).

Nachdem wir gesehen, dass die Membranen aus Colloiden bestehen, die sich verändern, vor allem quellen können und dass sie für einzelne Colloide permeabel werden, für andere nicht, tritt sofort die Frage an einen heran, ob verschiedene Gruppen von Einwirkungen auf die Membranen diese soweit verändern, dass unter bestimmten Bedingungen sonst nicht durchtretende Colloide durchtreten können.

---

[1]) Malfitano, Compt. rend. sciences 143, No. 3, 1906, p. 172.

[2]) Girard et Henri, Recherches sur l'électricité animale. Compt. rend. sciences 196, Nr. 26, p. 142, p. 1463. Variations de pereméabilité des membranes pour les différents jons et formations de combinaisons d'absorptions entre les colloides des tissus et les jons des électrolytes qui les baignent.

[3]) Bechhold, Verhandlungen der Naturforscher Versammlung, Stuttgart 1906, Zeitschr. f. Chemie und Industrie der Colloide, Über fraktionierte Filtration der Colloide 1, Bd. 1, p. 107 (1907). Auffällig ist hier, dass Fermente und Toxine sehr intensiv absorbiert werden von den Filtern aus Gelatine, währenddem gewöhnliches Eiweiss und Eiweisskomplexe sich indifferent verhalten, resp. ohne stärkere Absorption durchtreten können.

Diese Veränderungen können natürlich erst dann die Permeabilität verschieben, wenn die ganze Schichtdicke der Membran beeinflusst wird, deshalb werden diese Veränderungen speziell bei den dünnen (Zell)membranen untersucht werden können.

Untersuchungen über vorübergehende, reversible Änderungen der Zellmembran liegen vor, speziell über Kohlenhydratfermente.

Sekretion von Invertin oder Invertase: Man kann den Versuch machen, sezernierende Zellen an der Sekretion zu verhindern oder Zellen zu Sekretion zu veranlassen, das heisst die Permeabilität zu erzeugen.

So haben Béchamp, Fernbach, O. Sullivan, Pantanelli für Hefe festgestellt, dass verschieden organische Kristalloide das Hefeferment aus den Zellen austreten lassen; einmal Alkohol selbst (deshalb Zunahme der Gärung in der ersten Zeit), dann aber auch Äther, Aldehyde, Aceton etc.

O. Sullivan hat nachgewiesen, dass aus Bierhefe Invertin austritt, das heisst die Membran für Colloide durchlässig wird unter Einwirkung von OH-Jonen und H-Jonen und Äther. Er betrachtet das als pathologisch und sagt nichts von Reversibilität.[1])

Bei Untersuchung von Austritt colloidaler Fermente aus lebenden Zellen muss die Innenkonzentration, das heisst die Produktion, mitbeobachtet werden. (Pantanelli).

Inwiefern die Entstehung der Immunkörper und der Toxine etc. nach den Gesetzen der transitorischen Permeabilitätsveränderung verlaufen, ist nicht festgestellt; weil die Verhältnisse äusserst kompliziert und speziell weil bei den Colloiden so unendliche Möglichkeiten vorliegen, darf man nicht verallgemeinern.

Bei der Agglutination der Hefe werden sicher Eiweiss ähnliche Substanzen aus der Zelle ausgeschieden. Ob eine transitorische Sekretion, angeregt durch entsprechende Stoffe, auch bei den bekannten Bakterien-Agglutinationsvorgängen eine Rolle spielen, ist eine mindestens noch nicht entschiedene Möglichkeit, die neben der Absorption bestehen könnte und die einen Teil der Anpassungserscheinung erklären könnte.

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass Zusatz von durchdringenden Substanzen die Permeabilität auch für andere Substanzen erhöhen und dass schlecht durchtretende die Permeabilität häufig herabsetzen.

Strukturänderungen.

Stoffel hat in meinem Institut die Beobachtung gemacht, dass nicht allein Zusätze den Diffusionsweg verändern, sondern auch andere Umstände physikalischer Art und zwar für die als Bestandteile der Membran in Betracht kommenden chemischen Individuen indifferente Einwirkungen.

---

[1]) Austritt von Invertinferment. O. Sullivan, Transaction of the chemical society 61, 1892, p. 926, 593. Nathanson, Jahrbuch f. wiss. Bot. 38, 1902, p. 24; 39, 1903, p. 607; 50, 1904, p. 403. Ob die Membranen stereochemisches Wahlvermögen haben können, ist noch nicht erwiesen, aber wenn es Fermente haben, wenn sich Fermente anpassen, ist die Eigenschaft auch bei Membranen zu erwarten, denn daraus leiten sich ja im wesentlichen notwendigerweise die Anpassungen z. B. der Pilze her.

Wenn Gelatinröhren, von ganz gleicher Gelatine und gleicher Konzentration, bis zum Einfüllen in die Diffusionsröhren als eine Masse, also absolut gleich behandelt wurden und erst während des Erstarrens entweder in Eiswasser oder zum Teil in Watte gewickelt, bei Zimmertemperatur (20°) erstarren, dann zeigen die gleichen Substanzen grosse Differenzen im Diffusionsweg und zwar:

Colloidale Substanzen (speziell Farben, die bis jetzt allein untersucht wurden) zeigen eher eine Beschleunigung in den schnell gekühlten Zylindern, die Kristalloide eine Verlangsamung und zwar tritt in Gelatinezylindern von 10 cm Länge eine Niederschlagsbildung von Ag Cl aus $Ag\,NO_3$ und Na Cl mindestens einige Stunden später ein, aber an gleicher Stelle. Also hat der differente Strukturzustand der Gelatine auf beide Kristalloide einen analogen Einfluss.

Gegen Zusätze sind nun solche different behandelten abgekühlten festen Colloide eigenartig empfindlich: Es scheint aus allem das Gesetz sich abzuleiten, dass die Strukturdifferenzen durch ungleich schnelles Erstarren um so deutlicher werden, je reiner die Gelatine, denn alle Zusätze, die wir versuchten, um den zeitlichen Verlauf der Diffusion durch Zusatz von Indikatoren verfolgen zu können, haben schon keine sehr deutlichen Differenzen mehr gegeben. Andere Zusätze, die wir versuchten, organische, speziell aromatische Körper, Phenol, Resorcin etc. haben noch ausgeprägtere Wirkung.

Mittel zum Nachweis auf spektroskopischem Weg oder durch Untersuchung der Brechungen standen nicht zur Verfügung, so beschränkten wir uns auf den Nachweis mit Niederschlägen und Farben.

Verschiedene Spannungszustände im Colloide als Ursache differenter Durchlässigkeit zu untersuchen, haben wir uns im Institut schon längere Zeit zur Aufgabe gestellt. Denn schon der Umstand, dass die organogenetisch wichtigen Colloide in festem Zustand durch Druck, Zug, das Licht polarisieren, also optisch aktiv werden, beweist eine bestimmte Strukturveränderung, die auch für Durchtritt von Einfluss sein kann und unter Umständen sein muss.

Beobachtungen: Bestimmte Salze, wie Silbernitrat, die man gegen Na Cl diffundieren liess in freien und lokal gepressten Gelatinezylindern zeigten eine auffällige Verlangsamung ihres Weges (Stoffel).

Es ist weiter noch ein Befund von Stoffel hervorzuheben, dass nämlich die sogenannten Liesegangschen Schichtungen nicht auftreten in schnell gekühlten Gelatinen, während sie in derselben Gelatine bei langsamer Erstarrung sofort eintreten.

Es ist also hier eine weitere experimentell fixierte Bedingung, eine auf verschiedene Weise erreichbare Eigenart der Gelatine zu schaffen, die nichts weiteres sein kann, als die Folge einer im System

des festen Colloides bestehenden strukturellen Tendenz, dass nicht der Prozentsatz, nicht die Zusätze, resp. verschiedene Arten von Zerfallsprodukten (wie Liesegang annimmt) die einzige Ursache für die Schichtungen der Niederschläge bildet, dass es eine viel eigenartigere rein physikalische Ursache gibt.

Damit ist wohl auch der Ostwaldschen Erklärung, dass diese Liesegangsche Schichtung Folgen von lokaler Übersättigung sei, eine spezielle Fragestellung gegenüberzustellen; nämlich:

1. Inwiefern die Colloide die Sättigungsbeziehungen beeinflussen, da nur Strukturverschiedenheiten sie bedingen?

2. Wie soll man sich vorstellen, dass Übersättigungen in langsam gekühlten Massen besser entstehen und lokalisiert werden, wenn nicht die Schichtung zum Teil vorgebildet wäre? —

Die transitorischen Veränderungen von sehr dünnen festen Colloidschichten sind also experimentell noch sehr wenig untersucht, es existieren sicher noch eine grosse Zahl von gesetzmässigen, passageren Durchlässigkeiten, deren Bedingungen wir nicht definiert haben, speziell in der Pathologie und Pharmacologie.[1])

Aus dem Colloidcharakter, der speziellen Art der Membrancolloide einerseits und vor allem auch den Erfahrungen der Pathologie anderseits können wir eine Reihe von Möglichkeiten ahnen und wohl auch die experimentellen physikalischen Bedingungen voraussehen, wenn wir die Tatsachen, speziell der experimentellen Pathologie etc. nach diesen Gesichtspunkten untersuchen.

Anmerkung: Bei der orthostatischen Albuminurie kommen wohl auch in erster Linie transitorische Colloidpermeabilitäten in Frage.

Die Aufhebung der Ventilwirkung der Nieren gegen den normalen Partialdruck des Zuckers durch CO (bei Vergiftung), wohl auch die gerichtlich-medizinisch längst bekannte Erhöhung von Giftwirkungen durch andere Substanzen (vergl. z. B. Lacassagne 1905), gehören zu Permeabilitätserhöhungen durch andere Substanzen.

Das Auftreten von Amyloid bei Toxinwirkung, dessen Verfestigung, Hyalinwerden, die sekundäre Wiederauflösung, wenn der feste Zustand nicht zu lange bestehen blieb muss auch hierher gehören.

Ausspaltung von Colloiden aus Colloidkomplexen, leichteres sich Loslösen vom Lösungsmittel durch die Colloidreagentien scheint heute schon sicher für die Immunitätsfragen und die sekundären Infektionsfolgen von Bedeutung zu sein. (Leichte Fällbarkeit und Absorbierbarkeit bestimmter Komponenten.)

Die transitorische Änderung der Virulenz der Bakterien muss eine andere Ausscheidung und einen andern Stoffwechsel als Ursache haben und muss bedingt sein durch eine veränderte Diffusion und Permeabilität. Durch die Möglichkeit einer Permeabilitätsänderung ist eine Virulenzänderung möglich, so dass die Virulenz als neues Problem vor uns steht: die Permeabilitätsänderung der Pilz- und Bakterienhülle.

---

[1]) Literatur vergleiche: Stoffel, Dissertation 1907/08 aus meinem Institut. Über Diffusionshemmungen durch Colloide.

[2]) Vergl. Straub, Pflügers Archiv 119 (1907) p. 127.

Inwieweit die Bakterien-Veränderungen, die wir Anpassung nennen, wie Kapselbildung bei Milzbrand, Verlust der Agglutinabilität im Tierkörper, der latente Mikrobismus, von diesen Gesetzmässigkeiten abhängig sein dürften, folgt in der nächsten Arbeit.

Die notwendige Voraussetzung vieler Latenzperioden ist eben die Notwendigkeit einer Imprägnation von Membranen durch die neueintretenden Stoffe, bevor die nötige Konzentration erreicht werden kann, resp. ehe eine wesentliche Verschiebung der Durchlässigkeit durch diesen Stoff erfolgt.

Die Übergänge von reversiblen (und irreversiblen) Verfestigungen colloidaler Substanzen, die transitorischen Permeabilitäten, sind ein Hauptgebiet der Pathologie, soweit sie ausser der morphologischen Empirie der „Diagnose aus der Regel des gleichzeitigen Auftretens“ auf die Feststellung der Ursachen und vor allem auf die Rückführung der morphologischen und chemischen Einzelphasen und die Ursachen des durch viele Folgereaktion bedingten Endzustandes ihr Augenmerk richtet und versuchen will, analytisch die einzelnen Komponenten herauszuheben; diese können eben allein diejenigen Vorgänge sein, die wir anfassen und modifizieren können.

b) Zusätze, die die Membran als Colloid dauernd verändern.

Hierher gehören zwei Gruppen von Beeinflussungen, die abhängig sind von Eigenschaften, die die Colloide, speziell die quellbaren, stabilen, chemisch komplizierten Colloide der Physiologie und Pathologie charakterisieren.

Bei den Membranen handelt es sich in erster Linie um Veränderungen der Durchlässigkeit, die bei den stark gequollenen Colloiden weniger in Betracht kommen in der Form, sondern eher als Komplexbildung und Ausfällung. —

Ich möchte die Beeinflussungen der Permeabilität in zwei Gruppen einteilen:

1. Die Beeinflussung des Quellungszustandes speziell durch Kristalloide. Elektrolyt-Wirkungen, speziell bei einwertigen Jonen sind zur Hauptsache reversibel, jedoch bei höherwertigen Kationen werden sie immer irreversibel (den elektrischen Eigenschaften parallel, Tendenz der Hydratbildung).
   a) Verfestigung,
   b) Lösungs- und Verquellungswirkung von Salzen und Abhängigkeit von Jonenwirkungen und Konzentration.
2. Colloidwirkungen:
   a) durch leicht ausfallende, schlecht lösliche Salze und neue in der Membran entstehende Körper,

b) Lösungen, Verquellungen, Verlust der Struktur durch Colloide.

1. Die Beeinflussungen der Membranen durch Elektrolyte gehen parallel den Gesetzen der Beeinflussbarkeit der Colloide. Für die biologisch wichtigen Colloide hat Hofmeister festgestellt, dass die Anionen sich in einer Reihe ordnen, deren Glieder successive die Quellung begünstigen, währenddem die Kationen sich eigentlich mehr nach ihrer Wertigkeit in Gruppen teilen lassen. Diese Reihe der Anionen (CH_3COO, SO_4, Cl, Br, J, SCN) kehrt nun merkwürdiger Weise häufig wieder.

a) Bei Begünstigung, resp. Zurückdrängung von Löslichkeiten,

b) Pauli u. a. haben dieselbe Reihe bei den verschiedensten Untersuchungen über Eiweissfällung wiedergefunden (ferner Höber, Neue Theorie der Narkose).

c) Für unsern Fall am wichtigsten sind die Untersuchungen von Mathew, Lillie, Fischer, Webster. So hat z. B. Lillie gefunden, dass die Schwimmblättchen in molekular gleichen Lösungen gegen Ende der Reihe schnell zum Stillstand kommen infolge Aufquellung der Häutchen.

d) Für die Membranen ist vielleicht auch die Beobachtung von Gouy von Bedeutung, der in den letzten Jahren in derselben Reihenfolge eine die Oberflächenspannung herabsetzende Wirkung der Anionen festgestellt hat.

Untersuchungen über die Viscositätsbeeinflussung dieser Reihen sind bei mir seit Frühjahr 1907 im Gang.

Bei der Diskussion dieser Punkte nach dem Vortrag vom 14. Januar 1907 in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich:

Dr. Höber fragte Prof. Werner, ob er nicht der Ansicht sei, dass hier die Hydratbildungen in der Reihe der Anionen die eigentliche Ursache dieser Wirkung sei.

Prof. Werner ist der Ansicht, dass sich das jetzt nicht entscheiden lasse, zur Hydratbildung, Jonenhydraten, neigen sich mehr die Kationen, als die Anionen, die ja hier speziell die Reihe bedingen.

Dr. Berl macht auf Untersuchungen von Abegg aufmerksam, nach dem speziell Sulfate Selbstkomplexe bilden und dann sich eventuell Colloid nähern.

Physikalische Experimente mit Membranen wurden bis jetzt auf diesem Gebiet wenig ausgeführt. — Hier möchte ich auf Untersuchungen aus der photographischen Technik hinweisen, wie: Das Gerben der Platte durch Säuren (z. T. reversibel, Lüppo-Cramer).

Bekannt sind die verquellenden Säure und Alkaliwirkungen bestimmter Konzentration auf feste durch Membranen bedingte Strukturierungen. Das sind die Voraussetzungen bei Verätzungen und der Histologie verätzter Wunden.

Histologisch-technisch können solche Salze bei der Differenzierung von gefärbten Colloiden zur Verwendung kommen als Mittel, um

ein anderes Colloid (z. B. Farbe oder Beize) aus einem Komplex herauszulösen. Viele Analogien finden sich auch hier in der Behandlung der festen Colloidmembranen in der photographischen Technik.

Salze, speziell Schwermetallsalze, verändern die Membranen dauernd und zwar, indem sich die Metalle in der organischen Membran niederschlagen („fixieren"). Die Wirkung geht in vielem parallel der Ausfällung bei flüssigen Solen.[1])

Inwieweit die eigenartigen Jonenwirkungen, speziell der sogenannten Antagonismen (in denen einzelne Jonen allein giftig wirken), die durch andere aufgehoben werden können, auf die Colloide der Membran wirken und nicht auf die Colloide des Protoplasmas, ist bis heute noch wenig diskutiert worden.

Es ist nun von vorneherein einleuchtend, dass das erste, das äusserste Colloid, das heisst die Membran der lebenden Organismen, mindestens mit beeinflusst werden muss, ferner ist im Innern der Zelle eine Wirkung direkt nur möglich, wenn Substanz hineingeht.

Loeb nimmt ein Durchtreten der Salze, resp. Jonen durch die Membran an. Overtonsche und Höbersche Versuche sprechen nun dafür, dass die Diffusionsverhältnisse der Membranen geändert werden.

Höber fand, dass durch Eintauchen des Muskels in eine Sr-Salzlösung die spätere Beeinflussbarkeit herabgesetzt wurde.

Viele Experimente dieser Art, dass sie zur Diskussion dieser Frage angeführt werden können, haben Amerikaner gemacht (vergl. Zangger: Ergebnisse der Physiologie 1907).

Sie haben vor allem eine Regelmässigkeit gefunden, die auf die Membranen Bezug haben muss, die auch für Colloide schon lange gefunden worden ist: Nämlich, dass die Salze, resp. die Kationen und Anionen in ganz bestimmter Reihenfolge, je nach Art des Colloides verflüssigend (quellend), verfestigend (koagulierend) wirken auf Colloide (Hofmeister[2]), Pauli) (allerdings fanden einzelne Autoren auch andere Reihenfolgen).

In der Pflanzenphysiologie liegen eine Reihe von Untersuchungen vor, allerdings vereinzelt und wenig systematisch, die zeigen, dass Elektrolyte, Nicht-Elektrolyte und vor allem Veränderung der Reaktion, resp. der H- und OH-Jonenkonzentration, die Permeabilität verändern und zwar anfänglich reversibel, aber auch in engen

---

[1]) Die Dauerveränderungen der Membranen durch Dialyse von Cu-Salzen etc. war schon lange bekannt (Zott, Bein und andere). Praktisch von Bedeutung sind diese Kenntnisse für die Histologie, die ja so ausserordentlich häufig sich der Schwermetallsalze als Fixatoren der festen Colloidstrukturen bedient (vergl. pag. 532).

[2]) Hofmeister. Gelatine absorbiert weniger Wasser, wenn sie Sulfate, Tatrate und Acetate enthält, als Chloride, Nitrate, Bromide.

zeitlichen und Konzentrationsgrenzen (Wächter, Nathansonhs, Pantanelli).

Wenig bekannt ist die Tatsache, dass es konzentrierte Salzlösungen gibt, die z. B. feste Gelatineschichten zur Lösung bringen (konzentr. Rhodankalium-, K Br-Lösung etc., Lüppo-Cramer). Hierher gehören die schon früher erwähnten Lösungswirkungen der Rhodanate, zum Teil auch der Jodide auf Lecithin (Porges), der Säuren und Alkalien in bestimmten Konzentrationen. Viele Salzzusätze zu Colloidlösungen schaffen erst die Durchtrittsmöglichkeit. Leplay, W. Meyer.

Diese Vorgänge wurden eher zufällig gefunden und waren meist nur störend, deshalb liegt ein ausgedehnteres Material nicht vor, systematische Versuche sind relativ kostbar, weil sehr konzentrierte Salzlösungen aller Reihen nötig sind.

2. Colloid- und Fällungswirkungen.

a) Eine dauernde Veränderung der Permeabilität von konzentrierten Colloidschichten tritt in zweiter Linie dann ein, wenn sich während der Diffusion Salze bilden, die relativ leicht ausfallen, speziell in der betreffenden Colloidschicht, denn es ist eine beachtenswerte Tatsache, dass kristallinische Substanzen wie $Ba SO_4$, Ag Cl in konzentrierten Colloiden meist colloidal ausfallen, sie bilden also eine Colloidalmembran in einer andern (Traube, de Vries, Liesegang, Buscalioni und Purgotti, Bruni und Vanzetti). Aber es können auch kristallisierende Kräfte überwiegen, die die Struktur des Colloides umformen (Liesegang, Molisch, Ambronn).

Eine solche Schicht eines colloidal ausgefallenen Salzes kann nun die Durchlässigkeit eines Systems ausserordentlich weitgehend verändern. Ein Punkt, der speziell für die Pathologie sehr wichtig ist. Anderseits fallen Kristalloide nicht unter allen Bedingungen im Colloid-Medium colloidal aus, sondern hauptsächlich an den Stellen, wo colloidale Massen sind, die infolge irgend einer (häufig herdförmigen) Veränderung weniger Wasser anzuziehen vermögen als die Umgebung oder vielleicht ein besonderes elektrisches Zeichen erlangt haben.

Die Entstehung des Niederschlages eines unlöslichen Salzes in einer Colloidschicht hat ausserordentlich merkwürdige Veränderungen der Eigenschaften zur Folge. Bei gleichem osmotischem Druck beiderseits der Membran diffundieren von einer bestimmten sehr geringen Dicke an keine Jonen durch die Membran hindurch. Bei ungleichem osmotischem Druck diffundiert das konzentriertere Salz in seinen Komponenten durch, so dass sich der Niederschlag des neu gebildeten Salzes immer in die Zone der niedrigeren Konzentration hinein fort-

setzt (de Vries, Pringsheim). Inwieweit andere Salze durchtreten können, ist noch nicht systematisch untersucht, aber es scheint, dass eine solche doppelte Membran die Durchlässigkeit für Colloide komplett ausschaltet und für viele Kristalloide, speziell die membranogenen Elektrolyte gestattet. Jedoch lässt eine Ferrocyan-Kupfermembran kein Ferrocyan-Kali passieren.

Diese membranartigen Niederschläge in Membranen geben also der gesamten Schicht die Eigentümlichkeit, dass sie als Doppelschicht zusammen nicht durchtreten lassen, was die eine oder andere Membran allein infolge ihrer Eigentümlichkeit nicht durchtreten liesse. So wird also die Gesamtpermeabilität in einer ausserordentlich weitgehenden und dauernden Weise eingeschränkt.

Ich habe Versuche gemacht, solche Niederschlagsmembran aus animalen Colloidschichten zu entfernen nach den Gesetzen der Massenwirkung und Umsetzung in leicht lösliche Salze, aber die Struktur der Schicht, in der die Salze lagen, blieb verändert. (Vergl. Befunde über Folgen vom Gefrierenlassen bei Ambronn, Molisch, Liesegang.)

Man konstatiert bleibende Veränderungen der Struktur durch das neue Colloid, das sich also nicht nur in Zwischenräume lagert in vielen Fällen, sondern durch eine formative Tendenz die Struktur des primären Colloides dauernd umgestaltet. Anwendungen auf biologische Probleme drängen sich einem massenhaft auf, so z. B. die Entstehung und Ablagerung der Calciumsalze in der Entwicklung der Knochen und Zähne, in schlecht ernährten, nekrotischen Bezirken, dauernd gespannten Gefässen etc. Harnsäure fällt in der Colloidmasse ebenfalls leichter aus, besonders in zur Fällung neigenden Colloiden.

b) Veränderung der Membrandurchlässigkeit und deren Struktur durch Colloide:

1. Verfestigung durch präexistierende Colloide. In Betracht kommen folgende Kombinationen, die zugleich einen Übergang zu einer Reihe von neuen Dauereigenschaften der Membran bedeuten.

Die physikalische Ursache ist die Absorption in die Membran (Intussuszeption) und ferner die Kombination der Eigenschaften bei den vereinigten Colloiden unter Prävalenz der Eigenschaften des einen oder andern Colloides, so lange keine Schichtungen existieren.

Physikalisch entsprechen daher diese Vorgänge:

α. einer Verfestigung, einer Quellung, sogar einer Lösung der Membran, bei quantitativ sehr starker Absorption eines hydrophilen Colloides;

β. einer Schichtung bei Absorption an die Oberfläche.

Colloide gleichen elektrischen Zeichens wie die Membran imbibieren die Membran und drängen der Membran neue Eigenschaften

auf, welche die Eigenschaften des eindringenden Colloides sind. Dieses imbibierte Colloid dringt bei Konzentrationserhöhung auf einer Seite schnell durch, währenddem andere Colloide nur dann durchdringen können, wenn sie mit dem einen oder andern Colloid, die die Membran zusammensetzen, Lösungsverwandschaft haben.

Colloide entgegengesetzten elektrischen Zeichens schlagen sich bis zu einer bestimmten Konzentration in der Membran nieder, imbibieren die Membran ebenfalls, geben ihr in vielen Fällen entgegengesetzte elektrische Eigenschaften und damit auch ein ganz entgegengesetztes Verhalten in Bezug auf Durchlässigkeit für weitere Colloide. (Die Folgen, die Schichten von ungleich geladenen Colloiden haben können, später.)

Im Prinzip muss wohl der Satz gelten, dass eine Membran, die mit einer colloidalen Lösung, die sie netzt, in Beziehung gekommen ist, in irgend einer Weise von dem flüssigen Colloid langsam in sich aufnimmt, oder an der Grenzfläche mindestens absorbiert, also eine neue Schicht bildet. Colloide gleichen elektrischen Zeichens, können die Membran langsam durchdringen, doch ist zu betonen, dass sie in relativ grossen Quantitäten von der Membran absorbiert werden und erst nach Sättigung der Membran aus der andern Seite austreten können, also diffundieren (Tammann, Henri, Malfitano, Bechhold).

Colloide gleichen Zeichens mit der Membran können auch Quellung des Gesamtkomplexes veranlassen und zwar natürlich eventuell an verschiedenen Stellen der Membran verschieden. z. B. je nach dem Krümmungsradius, der das Colloid absorbierenden, z. Zt. scharf begrenzten Oberfläche.

Die Durchlässigkeit von Membranen für Colloide ist bei folgenden Kombinationen beobachtet worden:

Dauwe: Pepsin dringt in Eiweiss ein und zwar ist, was sehr beachtenswert, die Absorption der Masse der Eiweisswürfel parallel und nicht den Oberflächen (Hofmeisters Beiträge 6, 1905, p. 426), und geht nur durch feste Eiweissmembranen wenn auf der andern Seite flüssiges (imbibierendes) Eiweiss. Tierkohle, koagulierte Seren, Casein, Fleischpulver, sogar frisch gefälltes Ba, SO_4, Seide absorbieren Fermente, diese Stoffe müssten also Fermente bei grosser Konzentration oder bei sehr dünnen Schichten auch durch sich durchtreten lassen.

Nicht absorbiert werden die Fermente durch Sand, Glas, Talg, Stärke, folglich müsste eine mit Stärke imprägnierte Membran kein Pepsin durchtreten lassen.

Absorption und Retention von Fermenten durch die Cellulose des Filtrierpapiers (Urase) vergl. Levy, Some physical properties of enzyms — Studies from the Rockfeller institut for medical research, vol. 4, 1906. Journ. of infection Diseases 2, 1, 1905. Van de Velde stellte fest, dass eine ganze Reihe von Fermenten durch entfettete Darmwände durchzutreten imstande ist, während kein einziges durch Cellulosewände durchgeht. Van de Velde, Über Diffusion von Enzymen durch Cellulosemembranen, Biochem, Zeitschr. 1906, 1. Henri: Colloid Ag (feine Form) tritt in die Sekrete über, nicht in Liq. cerebrospinalis. Stodel: Emulsin tritt normaler Weise in den Pankreassaft über. Compt. rend. soc. biol. 1906.

Toxine diffundieren in Gelatine (Arrhenius und Madsen, Marino), ebenso Ziegenpräzipitine, (Bechhold), Pyorganeustoxine diffundieren (nach Ruffer, Creudiropolis, Grosline, Rodet et Guechoff) durch Collodiummembranen.

2. Dauerveränderungen durch neue, in der Membran in Schichten entstehende Colloide (durch chemische Reaktion, Kondensation etc. in und an den Membranflächen).

Die Absorption von Colloiden an Colloide, das heisst Annäherung, Fixierung kann verschiedene Motive haben, osmotischer Druck, Quellungstendenz, Verteilungstendenz elektr. Ladung.

Bei grosser Nähe etc. kann elektrische Attraktion das Eintreiben in die Oberfläche allein bewirken — oder Fixation kann allein als Colloidaffinitat erfolgen, oder mit einem Zwischenkörper (Beizen, Fette, Lösungsbeeinflussung), der Zwischenkörper kann sich lösen oder zum Teil die Oberflächenspannung heruntersetzen und gleichzeitig andere Substanzen lokalisieren durch irgend eine Funktion.[1])

Wenn wir auch heute noch die einzelnen Funktionen nicht nach der quantitativen Bedeutung einschätzen können, müssen wir doch immer wieder an die Möglichkeiten, die konkurrieren können, denken.

Inwiefern pathologische Vorgänge von Hyalinbildung und Auflösung etc. diesen Gesetzen folgen, kann heute nicht entschieden werden.

Inwiefern Lösungen, Verquellung, eine Zerstörung des Zell-Individuums durch Aufheben der Kohärenz der einzelnen Teile vorkommen, als eine sehr wesentliche Erscheinung von Colloidwirkungen auf Colloide-Membranen, behandelt die folgende Arbeit: Über Immunitätsvorgänge etc.

Viele Vorgänge in der Bakteriologie und der Immunitätsforschung scheinen mir der Betrachtung vom Standpunkt der Membraneigenschaften aus leichter verständlich und es lassen sich Möglichkeiten zeigen, an die bis heute nicht gedacht wurde.

Die Vernichtung eines Bazillus kann auf verschiedene Weise erfolgen: Er kann isoliert werden, dass er keine Nahrung mehr bekommt und keine Stoffwechselprodukte abgeben kann, oder er kann selbst in seinen wichtigsten Organen geschädigt werden. Das kann nun zur Hauptsache geschehen durch eine Störung der Intracellulären-Fermente oder der Membran, und an der Membran wieder durch Veränderung der Permeabilitätseigenschaften oder Aufhebung der Festigkeit der Membran durch Quellung, Verflüssigung.

---

[1]) Anmerkung: Nicht alle hydrophilen Colloide setzen die Oberflächenspannung herab (Zlobicki; vergl. Arbeit Kobler).

Alle diese Vorgänge kommen nun tatsächlich vor:

1. Tod durch Isolierung, Abgrenzung[1]) und Eintrocknung.
2. Läsion des Zellinnern durch fettlösliche, leicht eindringende Stoffe, wie viele Desinfizientien.
3. Veränderung der Membraneigenschaften:
   a) durch Schwermetallsalze und positive Colloide, Eisensalze und Kupfersalze etc. (oder Imprägnation),
   b) vor allem aber durch Quellung und Aufhebung der Strukturfestigkeit der Membran, sei es allgemein oder nur lokal und damit zur Aufhebung der Struktur, also auch Aufhebung des Individiums und der Vermehrungsfähigkeit.

Dieser letztere Prozess, das heisst Auflösung der Zelle, entspricht der Lysis. Von den Möglichkeiten zur Auflösung der Bakterien, die wir kennen gelernt haben, kommen in Betracht, quellend wirkende Jonen und quellend wirkende Colloide.

Verschiebung der Jonenkonzentration kommt im Organismus nicht sehr weitgehend vor, vielmehr nur in engen Grenzen, viel ausgedehnter sind Verschiebungen des Colloidalzustandes. Und zwar spricht für diese Auffassung einerseits, dass die natürlichen Auflösungsvorgänge in Seren, wie ich schon vor Jahren zuerst betont und nachgewiesen habe, vollständig den Colloideigenschaften entsprechen und zweitens kann man die Vorgänge der Lysis mit künstlichen Colloiden reproduzieren.

Es scheint, dass die quellend wirkenden Colloide, speziell an Stellen des kleinen Krümmungsradius absorbiert werden. — Ursache der Plasmoptyse.

Fragen dieses letzten Abschnittes: Dauernde Beeinflussung der Colloidenmembran von verschiedener Festigkeit, bilden auch eines der Hauptprobleme der Histologie, der histologisch-morphologischen Technik, sei es Färbung, sei es Fixation, das heisst: wir können hier ein grosses Material zur Interpretation vorfinden, analog wie bei der Technik der photographischen Platte etc.

Es geht vor allem aus den Erfahrungen hervor, dass alle organischen Membranen, bis zur Zellmembran, ungleich feste Colloide sind, dass eine Reaktion mit colloidalen Farben von der Art der Membran-

[1]) Es scheint mir nicht unwahrscheinlich, dass Eintritt von Bakterienprodukten in den Tierkörper Antikörper erzeugt, die dann mit anderen aus bazillenhaltigen Zonen kommenden Bakterienprodukte präzipitieren und sich zu sehr schwer löslichen Komplexen (Membranen) um die Bazillenherde herum ablagern (Impfungsprinzip).

Anmerkung: Es wäre interessant, genau festzustellen, ob, wie es den Anschein hat, speziell auch sich absorbierende Substanzen zur Phagozytose vorbereiten können. Dass die Membranfunktion für die vorliegende Tatsache noch äusserst komplex, ist sehr klar, aber wir sehen doch die Prinzipien, auf denen sich die Variation physikalisch entwickeln kann.

struktur abhängen muss, weil auch bei chemisch indifferenten Fixatoren die Färbbarkeit sehr stark verschoben wird (Alkohol, Aceton), organische Säuren (Verquellung) je nach Konzentration.

Vor allem aber gehört die Zellfixation hierher, weil hier das Gesetz der Absorption hochwertiger Metalle (deren Hydroxyde) eine so grosse Rolle spielt und weil die organischen Colloide dadurch konstant und dauernd verändert werden; alle der Fixation folgenden Prozeduren sind durch das absorbierte Metall bedingt.

Ich habe schon 1902 (diese Zeitschrift) betont, dass gute Fixationemittel in die lebende Zelle dringen müssen. Ich machte auch darauf aufmerksam, dass zu Metallbeizen am besten organische Säuren zugesetzt werden, die gewissermassen die Metallsalze in die Zellen hinein zu leiten scheinen. (Weil keine colloiden Hydroxyde entstehen.)

Ich betonte auch, dass Abtöten und Fixation gleichzeitig erfolgen müsse. Mit Metalloxyden in alkalischer Lösung ist es deshalb unmöglich, weil sich dieselben hydrolytisch spalten und die Hydroxyde ja Colloide sind, die Eiweiss aus Lösungen fällen, wenn sie in der Flüssigkeit verteilt sind, aber nicht diffundieren. Wenn man alkalische Lösungen verwenden will, so muss man alkalisch reagierende Substanzen suchen, die weniger intensiv wirken und die, wenn möglich, zugleich die Zellmembranen permeabel machen. Überhaupt wurde in der histologischen Technik von der Tatsache, dass leicht eindringende Substanzen auch andere in ihnen gelöste leichter durchtreten lassen resp. mitreissen, recht häufig Gebrauch gemacht.[1])

Für Fixation in Histologie, Pathologie und Bakteriologie haben folglich die Permeabilitätsverhältnisse der Membranen sehr grosse Bedeutung, die aber erst spät erkannt wurde. Die künstlichen Lücken bei der früher angewandten Härtung der Präparate, die Schrumpfung, vor allem die ungleiche Schrumpfung und Verziehung waren lange wenig bekämpfte Übelstände. Nach einer mehrjährigen experimentellen Arbeit über Fixation und Färbung, Diss. 1902 Verhandl. der Naturf. Ges. 1902, habe ich gesagt, dass zur Fixation schnell in die lebende Zelle eindringende und das Plasma ohne Wasserentzug fällende Reagenzien notwendig seien, wenn man die topographischen Verhältnisse normal erhalten wolle. Die färbbare Masse sei unter allen Umständen nach Fixation ein Kunstprodukt aus dem Zustand des vorliegenden Materials plus fällendes Reagenz.

[1]) Dieselben Gesichtspunkte kommen natürlich in Betracht bei der Pharmakotherapie, denn die Membranen müssen die Verteilung der Mittel zur Hauptsache beherrschen und erst in zweiter Linie kommt der Teilungskoeffizient zwischen den Massen zur Geltung, besonders bei bewegten Systemen.

(Ich machte damals darauf aufmerksam, dass Schwermetall, Salze und Oxyde speziell in Lösungen mit Essigsäure und Ameisensäure, also niedern organ. Säuren viel leichter und tiefer in lebende Zellen vor Laesion der Membranen eindringen können, und dass ein solches Vehikel für alle guten Schwermetallbeizen notwendig sei.)

Mit der Einführung der Colloidgesetze in die Histologie versuchte ich einfach die Vorgänge, die wir speziell in der Pathologie als morphologisch prognostisch zu denken gewohnt sind, in die bestimmten Gesetzen folgenden Einzelkomponenten zu zerlegen und deren isolierte, zielbewusste Beherrschung und Berücksichtigung, als Notwendigkeit zu zeigen.

Wenn wir versuchen, aus den Fällungs- und Imprägnationsgesetzen der Colloide auf die Ursache der histologisch beobachteten Struktur zu schliessen, so suchen wir eben die Endresultate von komplexen (allgemein angewandten akzeptierten) Einwirkungen, in die sich folgenden — sich bedingenden Einzelvorgänge zu zerlegen — und uns nicht mehr mit der Konstanz der morphologischen Erscheinung allein zufrieden zu geben und damit mit den Schlüssen, die die Empire gelehrt hat: Was für morphologisch nachweisbare Verschiebungen entsprechen bestimmten Funktionsänderungen etc.?

Wir beurteilen bis jetzt also Kunstprodukte, die unter vergleichbaren Bedingungen entstanden. Wir haben uns gewöhnt, empirisch-prognostisch und diagnostisch damit zu denken.

Die Identifizierung der Colloide durch Zeit-Konzentrations-, elektrische Funktionen etc. wird, aber jeder Zeit auch in Zukunft ergänzt werden müssen durch die m o r p h o l o g i s c h e Untersuchung, die für die Art unseres Denkens das Wesentlichste der Colloide, die Struktur und Strukturdifferenz, uns am Nächsten bringt.

Auch wenn wir die Colloide kennen aber nicht alle Bedingungen kennen, müssen wir immer darauf ausgehen, konstante Punkte zu finden. Wir müssen immer suchen Beobachtungen in morphologisch-physikalische Konstanten zu fassen (wie es die Biologie intuitiv gemacht, weil das am meisten der Eigenart des Materials entsprach). Wir kommen nur durch reproduzierbare Kontrolle der Vorstellung zur Basis einer Theorie. Jede Phase der Colloid-Theorie sollte morphologische Äquivalente haben.

Wenn sich eine Colloidtheorie in Bildern bewegen würde ohne die entsprechende morphologische Kontrolle, müsste sie bei der Kompliziertheit der Möglichkeiten irren, deshalb wird das synthetische Aufsuchen von bestimmten Reaktionsfolgen, wie es ja alle Colloidreaktionen sind, ausserordentlich viel Experimente brauchen, da ja die Colloidtechnik selbst noch zur Hauptsache geschaffen werden muss und die Abhängigkeiten von Vergangenheit und momentanen Bedingungen

fast unvorstellbar kompliziert sein können (wie schon die Stoffelschen Resultate beweisen).

Die Membranen sind bei allen Einwirkungen auf Lebewesen die nächstliegenden zugänglichen Colloide, die zuerst angetroffen werden. Durch Beeinflussung der Membran können die zeitlichen Prozesse verschoben werden, aber auch Prozesse können in die Membran lokalisiert werden durch Colloidabsorption, Lokalisation von Fermenten etc.

Anmerkung: Lokalisation von Fermenten in einer Membran aus ungleichen Schichten kann nicht nur einen Prozess lokalisieren in die Membranen: sie kann auch den Verlauf des Austausches in spezifischer Weise gerade durch die Fermentlokalisation bedingen (einseitiger Transport).

Das Membranproblem, wie ich es im Vorhergehenden zu entwickeln suchte, wird in der Zukunft wohl der Hauptpunkt sein, in dem sich Chemie und Physik mit der Morphologie treffen. Durch den Membranbegriff und seine physikalische und chemische isolierbare typische Eigenart bekommen die morphologischen Begriffe, also Distanzen, Dicken, Strukturen neue Bedeutung, indem sie uns, zusammengehalten mit den Membranbegriffen, eine Einsicht in den zeitlichen Verlauf der physiologischen und pathologischen Vorgänge gestatten.

Solange wir sehen, dass in dem Membranproblem viele rätselhafte Vorgänge sich durch physikalische Gesetze aufklären lassen, liegt der Erfolg darin, diese komplexen physikalischen Funktionen aufzulösen, denn nur so lernen wir sie beeinflussen und beherrschen und mit der Definition der Beeinflussbarkeit für den Einzelfall haben wir schon viel für die Zukunft gewonnen.

Rückweichen von diesen komplexen physikalischen Rätseln drängt uns auch hier in die Annahme von vitalen Rätseln und damit in systemlose Empirie zurück.

Übersicht über die Hauptpunkte des Membranproblems

(zu Membranen I und II).

Die heutige Auffassung: Die meisten Untersuchungen beachten das Membran-Problem gar nicht, das Experimentalsystem wird so gewählt, dass die uns interessierenden Störungen vernachlässigt werden können. Es gibt aber Gebiete, in denen viel Material vorliegt, das eine allgemeine Diskussion der Membraneigentümlichkeiten erlaubt und eine Rückführung der Eigenschaften auf allgemeine Prinzipien. (Wir sprechen von Membranfunktionen, wenn die Beziehungen, von zwei Flüssigkeiten, die durch die Membran bestehen, in typischer Weise beeinflusst werden.) Heutige Annahme: Krystalloide gehen durch colloide Membranen, Colloide werden zurückgehalten. Ferner Constanz der Membran: die Membranfunktion sei vollständig bedingt und immer charakterisiert durch die Stoffart, aus der sie besteht.

Dazu kommen aber eine Reihe anderer Folgen der Eigenart der Membran:

1. Absorptionen durch die Membranmasse (Imbibition als Colloid).
2. Ungleiche Permeabilität (Election) auch für Kristalloide, aber auch für Colloide.
3. Entstehung elektrischer Potenziale.
4. Dazu kommt die unbeachtete Veränderlichkeit:
   a) Reversibler Art (Anpassung, automatische Regulation).
   b) Irreversibler Art (Absorptionen, Verfestigung, Verquellung).

Diese Funktionsänderungen sind meist Folgen von Gemischen und komplexen Verhältnissen:

1. Variationen durch Zusätze von Körpern, die durch ihre Gegenwart die Durchlässigkeit verschieben, bedingen oder aufheben, speziell auch für Kristalloide.
2. Variation der Permeabilität für Colloide, bedingt durch:
   a) Elektrische Potenziale (Verhalten der elektrischen Ladung zum Colloid der Membran).
   b) Veränderung der Oberflächenspannung, (Absorption an die Grenzflächen und Imbibition in die Membran hinein), auch bei neu entstandenen Colloidkomplexen.
   c) (Imprägnation durch in der Flüssigkeit unlösliche Stoffe).

Ursachen der Membranbildung und kritische Dicke der Membran.

Folgen und Funktionen der Membran im allgemeinen.

Biologisch kommen speziell Membranen in Betracht als Funktionen von Konzentrationen in Oberflächen und Niederschlagsmembranen.

1. Nachweis, dass die Oberflächen-Grenzzonen verschieden sind von der Innenmasse:
   a) Oberflächenspannung.
   b) Lösungsgeschwindigkeit.
   c) Elektrische Beeinflussbarkeit.
2. Folgen dieser Differenz der Eigenschaften der äussern Zone auf Vorgänge in der Masse und der Grenzzone: Konzentration von Substanzen in der Oberfläche und die Folgen davon: Kristalloide: Fettsäuren (Bernsteinsäure und Wasser) etc. Bei Colloiden: Membranbildung als Konzentrations- und Zeitfunktion.
   a) Dicke, d. h. Zone der Tiefenausdehnung der Wirkung der Oberflächen-Kräfte, Schichtdicke für sehr viele Funktionen gleich. Physikalische Grössenordnung, die sehr häufig in der Physik erscheint.
   b) Wirkungen der Konzentrationsveränderungen auf Colloide.
   c) Folgen von entstehenden Membranen:
      α) Mechanische Trennung.
      β) Ungleiche Verzögerung, Veränderung im Austausch, zeitlich, quantitativ.
      γ) Elektive Wirkung bei stark ungleicher Hemmung der Bewegung. (Selbst-Abgrenzung aller lebenden Organismen.)

Daneben treten elektrische Erscheinungen auf, die äusserst merkwürdig, wichtig und die lange Zeit die Vorstellung des Membrantransportes beherrscht haben:

1. Die entstehenden Potenziale:
   a) Durch Elektrolyte.
   b) Durch Strömungen.
2. (Beeinflussung des Systems durch den entstehenden Strom.)

Veränderlichkeit der Membranen.

Ungleiche Quellung, d. h. differenter Wassergehalt lässt in Wasser gleichschnell diffundierende Substanzen ungleich schnell diffundieren. Die Colloidkonzentration resp. im Colloid anwesende andere Körper verändern die Permeabilitätsverhältnisse für verschiedene Körper ungleich. Unter gleichen Temperatur- und Konzentrationsverhältnissen kann die Membrandurchlässigkeit verschieden sein und auf verschiedene Art verändert werden:

a) Reversible Permeabilitätsänderungen.

I. Durch Zufuhr von Kräften in das System von aussen:
  a) Durch einen elektrischen Strom oder b) durch Einführung von hydrostatischen Druckdifferenzen (Filtration).

II. Veränderungen der Membranpermeabilität durch Zusätze, die entfernt werden können aus der Membran (oder zerstört oder als Colloid aufgelöst): ohne dass die Membran wesentlich verändert wurde. Konzentrationsverhältnisse sind je nach der Netzungsfähigkeit des Gemisches von entscheidender Bedeutung.
  a) Zusätze von Nichtelektrolyten: Harnstoff wirkt in einzelnen Fällen befördernd auf Farben in Gelatine; Zucker, Alkohol, Aether wirken nach Konzentrationen verschieden. In der Membran als feste Substanz auftretende Imbibitionsmasse (Fette, Lipoide) verändern die Permeabilität maximal. Imprägnation.
  b) Zusätze von Elektrolyten, speziell Säuren und Basen können in geringen Konzentrationen reversible Zustandsveränderungen schaffen bei sehr dünnen Membranen, auch hier ist der Zustand der Colloide wie überall, wo Elektrolyte vorliegen, eine Funktion der Jonen.

III. Veränderungen der Colloidpermeabilität durch ungleiche Erstarrung (passagere Differenzen).

b) Dauernde Veränderungen durch Substanzen, welche die Membran als Colloid irreversibel verändern.

I. Elektrolyte, speziell Schwermetallsalze: verfestigende, lösungshemmende aber auch quellende, lösende Funktion der Jonen (unter Fixation eines Teiles). Bedeutung für die Fixation und Färbung in der Histologie.

II. Niederschläge von schwer löslichen, leicht colloid ausfallenden Salzen in der colloiden Membran, Einfluss dieser Substanzen auf die Struktur der Membranen. Bedeutung von veränderten Colloiden für das Ausfallen.

III. Veränderung der Membrandurchlässigkeit durch präexistente und durch in der Membran entstehende Colloide, für Kristalloide und speziell für Colloide: durch Einlagerung, Anlagerung, Verfestigung, Verquellung, Auflösung; Anwendung der Erfahrungen auf verschiedene biologische Gebiete, speziell Pharmokologie und Pathologie.

Die Schnelligkeit des Eintrittes der Substanz in die Membran, die Schnelligkeit des Durchtrittes, der Massenaustausch, ist in der Biologie (deren wechselnden Systemen) das Wesentlichste. (Die theoretischen Grenzwerte bei Semipermeabilität können rechnerisch in der Biologie nicht verwendet werden).

Die Literatur zu den verschiedensten Punkten des Membranproblems, vergl. Zangger: Über Membranen und Membranfunktionen, Ergebnisse der Physiologie 1907, eingereicht August 1907.

Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

Ferdinand Rudio und Carl Schröter.

---

21. Der zweihundertjährige Geburtstag von Leonhard Euler.

Der zweihundertjährige Geburtstag Eulers (geb. am 15. April 1707 in Basel, gest. am 18. Sept. 1783 in St. Petersburg) ist in der ganzen wissenschaftlichen Welt festlich begangen worden. Berichte über Festakte liegen vor von Basel, Berlin, Breslau, Dresden, Görliz, Hamburg, Petersburg, Worchester usw. Allein die Deutsche Mathematiker-Vereinigung hat in ihrer Jahresversammlung zu Dresden (15.—18. Sept. 1907) zwei ganze Sitzungen ausschliesslich dem Andenken Eulers gewidmet, und es haben darin die Herren A. v. Brill, L. Schlesinger, A. Pringsheim, E. Brauer, F. S. Archenhold, R. Gans, E. Timerding, W. Hort, E. Hoppe die unvergänglichen Verdienste, die sich Euler auf den verschiedensten Gebieten der reinen wie der angewandten Mathematik erworben hat, gebührend gewürdigt.

Wir würden aber den uns zur Verfügung stehenden Raum weit überschreiten, wollten wir alle die Huldigungen, die dem Andenken Eulers in dem abgelaufenen Jubiläumsjahre dargebracht worden sind, einzeln besprechen. Auch die stattliche Eulerliteratur, die das Jubiläumsjahr gezeitigt hat und die nur zu einem Teil durch die Namen W. Ahrens, Fritz Burckhardt, G. Eneström, J. H. Graf, A. Kneser, F. Kötter, E. Lampe, E. Landau, W. Lorey, Felix Müller, S. Schulz-Euler, P. Stäckel, G. Valentin, K. Vonder-Mühll repräsentiert ist, kann hier nur gestreift werden. Und so beschränken wir uns darauf, über den akademischen Festakt zu berichten, den die Vaterstadt Eulers zu Ehren ihres grossen Sohnes veranstaltet hat:[1])

[1]) Das folgende Referat wurde zuerst in No. 123 (4. Mai 1907) der „Neuen Zürcher Zeitung“ veröffentlicht. Inzwischen ist auch der offizielle „Festbericht, erstattet im Auftrage e. e. Regenz der Universität von dem Rektor Prof. Dr. John Meier“, erschienen unter dem Titel: „Festakt der Universität Basel zur Feier des zweihundertsten Geburtstages Leonhard Eulers. Basel 1907.“

Zu Ehren des zweihundertjährigen Geburtstages des grossen Mathematikers Leonhard Euler veranstaltete die Basler Universität letzten Montag, den 29. April, eine Gedächtnisfeier, die einen höchst würdigen und weihevollen Verlauf nahm und die allen Teilnehmern eine unauslöschliche Erinnerung zurücklassen wird. Was der Feier einen besonderen Glanz verlieh, war natürlich der Umstand, dass neben den sämtlichen schweizerischen Hochschulen die kaiserlich russische Akademie der Wissenschaften zu Petersburg und die königlich preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin durch persönliche Abordnungen vertreten waren.

Am Vorabend waren die sämtlichen Delegierten, zu denen sich auch noch Vertreter der benachbarten deutschen Hochschulen (Freiburg, Karlsruhe, Strassburg), sowie der Deutschen Mathematiker-Vereinigung gesellten, einer Einladung des Rector magnificus, des Herrn Prof. Dr. John Meier, gefolgt, wo sie auf das Liebenswürdigste empfangen und schliesslich noch mit einem prächtigen Gastgeschenk, dem von Friedrich Webers Künstlerhand herrührenden Stiche von Eulers Porträt, überrascht wurden.

Der eigentliche Festakt fand nun am Montag vormittag in der Martinskirche statt. Die Kirche war prächtig geschmückt, vor der Rednertribüne erhob sich die über lebensgrosse Büste Eulers in einem förmlichen Lorbeerwalde. Im Schiff war der letzte Platz besetzt, als um halb elf Uhr die Professoren und Studenten, diese natürlich in vollem Wichs mit ihren Fahnen, in feierlichem Zuge und unter Orgelklange erschienen und im Chor zu beiden Seiten der Rednertribüne Platz nahmen. Nachdem das akademische Orchester Glucks Ouvertüre zu Iphigenie vorgetragen hatte, erhob sich Herr Professor Dr. K. VonderMühll, um die eigentliche Festrede zu halten. Er knüpfte an die Gedächtnisfeier an, die die Basler Naturforschende Gesellschaft 1883 zum hundertjährigen Todestage Eulers abgehalten hatte, um dann besonders eingehend die Jugendzeit und die Lehrjahre Eulers zu behandeln. Hat auch Euler von seinem neunzehnten Jahre an im Auslande — in Petersburg, Berlin und wieder in Petersburg — gelebt, so darf ihn doch auch die Basler Universität zu den ihrigen zählen. Hat er doch an ihr von seinem vierzehnten Lebensjahre an als Schüler der grossen Bernoulli studiert und an ihr 1724 die Magisterwürde erlangt. Und Basler war er nicht nur seiner Abstammung nach, sondern auch nach Sprache und Sitte, und er bewahrte sich die heimatliche Eigenart bis zu seinem Ende.

In dem etwa drei Viertelstunden währenden inhaltsreichen und fesselnden Vortrage verbreitete sich der Redner sodann über die

weiteren Lebensschicksale des grossen Mathematikers und seine geradezu ans Fabelhafte grenzende wissenschaftliche Tätigkeit. Indessen ist darüber in diesem Blatte[1]) bei Anlass des eigentlichen Geburtstages (15. April) ausführlich berichtet worden, so dass wir darauf verzichten müssen, nochmals auf alle die unvergänglichen Leistungen einzutreten, die sich an den Namen Euler knüpfen. Hoffentlich wird der Vortrag des Herrn VonderMühll durch den Druck weiteren Kreisen zugänglich gemacht.[2])

Als Vertreter der Petersburger Akademie richtete nun Herr Dr. O. Backlund, Direktor der Sternwarte in Pulkowa, eine Ansprache an die Versammlung, wobei er sich eines feinen, gewählten Lateins bediente. Er übermittelte die Grüsse seiner Akademie, dankte für die Einladung und gab sodann eine von höchster Bewunderung diktierte Würdigung der Tätigkeit Eulers, insbesondere seiner Verdienste um die Petersburger Akademie, der Euler von 1727 bis 1741 und dann wieder von 1766 bis zu seinem am 18. September 1783 erfolgten Tode angehört hat. Mit Dank und mit Stolz gedenkt heute die Akademie dieses ihres unsterblichen Mitgliedes.

Nach Herrn Backlund ergriff Herr Prof. Dr. G. Frobenius das Wort, als Vertreter der Berliner Akademie. Dass gerade Herr Frobenius als Abgesandter der preussischen Akademie nach Basel gekommen war, durfte als eine besonders freundliche Fügung angesehen werden. Denn nicht nur hat Herr Frobenius viele Jahre, von 1875 bis 1892, am eidgenössischen Polytechnikum gewirkt, sondern er führt auch seinen Stammbaum auf jenen berühmten Buchdrucker Johannes Froben zurück, der um 1500 in Basel gelebt und dort z. B. die Werke des Erasmus verlegt hat. So konnte sich denn Herr Frobenius am Vorabende im Hause des Herrn Rektors in einer scherzhaft gehaltenen Rede als Basler vorstellen.

Nachdem sich Herr Frobenius seines offiziellen Auftrages, Gruss und Dank der Berliner Akademie, entledigt hatte, teilte er mit, dass auch in Berlin der denkwürdige Geburtstag Eulers in würdiger Weise gefeiert worden sei. Die Berliner mathematische Gesellschaft hat dem Andenken Eulers eine besondere Festsitzung gewidmet, in der die Professoren Valentin, Kneser und Kötter die grossen, den verschiedensten Gebieten angehörenden Verdienste Eulers gewürdigt haben. An dem Wohnhause Eulers in der Behrenstrasse wird eine

---

[1]) Nämlich der Neuen Zürcher Zeitung. Der Aufsatz stammte aus der Feder des Herrn R. F[ueter], der inzwischen an die Basler Hochschule berufen worden ist.

[2]) Das ist nun geschehen durch die Veröffentlichung des oben zitierten „Festberichtes, erstattet von dem Rektor Prof. Dr. John Meier“.

Gedenktafel angebracht werden und eine Strasse in Berlin wird den Namen Eulerstrasse erhalten.

Im Hinblick auf den Vortrag des Herrn VonderMühll, in dem die wichtigsten Werke Eulers einzeln namhaft gemacht und besprochen worden waren, glaubte Herr Frobenius sich auf eine allgemeine Charakteristik der Gesamterscheinung Eulers beschränken zu sollen: „Nehmen Sie irgend ein Lehrbuch der Elementarmathematik“, mit diesen Worten wandte sich der Redner an die studierende Jugend, „der analytischen Geometrie, der Differential- und Intregalrechnung, der analytischen Mechanik, der Astronomie, der mathematischen Physik oder was sie wollen in die Hand, was Sie darin finden, das kommt von Euler“. Man kann sagen, alles was vor Euler geschaffen worden ist, das hat er in die Form gegossen, deren wir uns heute bedienen. Fürwahr, eine gewaltige Leistung! Wer aber glauben wollte, Euler sei nur ein grosses Talent gewesen, nicht aber auch ein Genie, der sei auf Eulers Behandlung des Imaginären verwiesen, auf den von ihm gefundenen Zusammenhang zwischen der Exponentialfunktion und den Kreisfunktionen, auf die Eulerschen Polyeder, auf das Reziprozitätsgesetz in der Zahlentheorie, von dem erst Kummer hat nachweisen müssen, dass es in seinem ganzen Umfange Eulers Eigentum sei, und auf so manches andere noch. So vermittelt Euler den Übergang von der alten zur neuen Mathematik: „Er hat bereits alle Fäden in der Hand gehalten, aus der das bunte Gewebe der modernen Mathematik hervorgegangen ist“. Wahrlich, an Genie hat es ihm nicht gefehlt. In einem Punkte sind ja vielleicht die Modernen genialer: in der Unklarheit. Aber die hatte freilich Euler nicht nötig, davor schützte ihn auch sein guter Verstand und seine Ehrlichkeit. Er hat stets mit grosser Offenheit die ganze Entstehungsgeschichte seiner Entdeckungen mit allen Wegen und Umwegen, die ihn dazu geführt hatten, mitgeteilt, und dann war er erst recht noch imstande, zum Schlusse noch einen besonders feinen Weg zu bezeichnen, der direkter und noch eleganter zum Ziele führe. Einer so liebenswürdigen Freigebigkeit können sich nicht viele Mathematiker rühmen. Gauss z. B. hat stets vorsichtig die Brücken hinter sich abgebrochen, damit man nicht allzu deutlich erkenne, wie er zu seinen Resultaten gelangt sei.

Herr Frobenius schloss mit dem Hinweise auf den auffallenden Umstand, dass gleichzeitig mit Euler noch so viele andere hervorragende Schweizer an der Berliner Akademie tätig gewesen seien: Sulzer, Merian u. a. Euler freilich war weitaus der grösste, während eines Vierteljahrhunderts war er die eigentliche Seele der

Akademie, und wenn auch nicht dem Titel nach, so doch tatsächlich ihr Präsident. Auch bei Friedrich dem Grossen stand er in höchstem Ansehen.

Nunmehr erhob sich der Rektor, Herr Prof. Dr. John Meier, um den Vertreter der beiden Akademien und auch diesen selbst im Namen der Universität zu danken. Wer seine grossen Männer ehrt, ehrt sich selbst. Petersburg hat Euler auch ein Denkmal gesetzt; über seinem Grabe auf dem Petersburger Friedhof erhebt sich ein Block aus finnländischem Granit mit der Inschrift: Leonardo Eulero Academia Petropolitana.

Im Namen der schweizerischen Universitäten und des eidgenössischen Polytechnikums überbrachte sodann Herr Prof. Dr. F. Rudio den Gruss der sämtlichen Hochschulen unseres Landes. Mit dem Grusse verband er zugleich den Dank für die Einladung, mit der die Basler Universität die Schwesteranstalten beehrt habe. Die Universität Basel habe damit dem schönen Gedanken Ausdruck verliehen, dass ein Festakt, der dem Andenken Leonhard Eulers geweiht ist, zugleich ein Fest sei, an dem die wissenschaftliche Welt der ganzen Schweiz freudigsten Anteil nehme. Und fürwahr, freudigen Herzens sind wir dem Rufe gefolgt in diese altehrwürdige Stadt, um teilzunehmen an der Gedächtnisfeier, die Basel einem der grössten Söhne des Schweizerlandes bereitet.

Wer immer als Mathematiker Basels Boden betritt, der wird ja nicht anders können, als den Manen der Bernoulli, den Manen Eulers eine stille Huldigung darzubringen. Heute aber, da wir die Geburtsstätte Eulers betreten, um seinen zweihundertjährigen Geburtstag zu feiern, da führt uns der Gedanke an all das Grosse, was von diesem einen und einzigen ausgegangen ist, zu wahrer Andacht, da ist uns, als müssten wir jene biblische Stimme vernehmen: „Zeuch deine Schuh aus von deinen Füssen. Denn der Ort, da du auf stehest, ist ein heilig Land.“

Herr Rudio wandte sich nun noch besonders an die Vertreter der beiden grossen Akademien. Die Schweiz wird der Petersburger und der Berliner Akademie stets das Gefühl der Dankbarkeit bewahren, dass sie unserm Euler, für den das eigene Vaterland zu klein war, ein grösseres geboten und ihm die Möglichkeit bereitet haben, in ungetrübter Schaffensfreudigkeit sein grosses Lebenswerk zu vollenden. So bedeutet schon der Name Euler allein ein unlösbares, edles Band, das die Schweiz mit diesen hochangesehenen wissenschaftlichen Instituten verbindet. Und doch ist ein Wunsch noch unerfüllt geblieben, noch bleibt eine grosse und dankbare Aufgabe zu lösen übrig, die die Schweiz allein wohl nicht zu bewältigen im-

stande sein wird, so sehnlichst und so laut auch seit Jahren die Lösung verlangt wird: Eine Gesamtausgabe der Werke Eulers! Die Erfüllung dieses Wunsches wäre nicht nur ein Akt der Pietät, sondern auch — darin sind alle einig — eine eminent wissenschaftliche Tat. Möge die heutige Feier, möge die Teilnahme der beiden Akademien an dem schweizerischen Feste den Grund legen zu diesem Werke! Wenn dann dereinst durch vereinte Anstrengung dieses Werk vollendet sein wird, dann ist ein Denkmal errichtet, das gewaltiger zur Menschheit reden wird als Erz und Stein, ein Denkmal mit der unsichtbaren und doch weit hinaus leuchtenden Inschrift: Leonardo Eulero Academia Petropolitana, Academia Berolinensis, Confoederatio helvetica!

Nochmals erhob sich der Herr Rektor, um auch den schweizerischen Hochschulen für ihre Beteiligung zu danken. Dem Vorredner danke er noch besonders, da dieser schon an der hundertjährigen Todesfeier Eulers die schweizerischen Hochschulen mitvertreten habe. Sodann verlas der Rektor noch ein Telegramm der physikalischen Gesellschaft in Petersburg, die bei dem Feste nicht zurückbleiben wolle und von Herzen teilnehme an der Ehrung Eulers.

Zum Schlusse kam nochmals die Musik zum Wort, die ja auch Euler so sehr geliebt hat. Pflegte er doch seine Mussestunden am Klavier zuzubringen und hat er doch sogar eine Theorie der Tonkunst geschrieben. Mit dem herrlichen Kriegsmarsch der Priester aus Athalia von Mendelssohn, den das akademische Orchester trefflich vortrug, erreichte die erhebende Feier ihr Ende.

Die auswärtigen Festteilnehmer aber folgten einer Einladung in das gastliche Haus des Herrn Prof. VonderMühll, wo sie mit einer stattlichen Zahl von Vertretern Basler Wissenschaft und Kunst zusammentrafen und wo noch manch treffliches Wort gesprochen wurde. Und am Abend veranstaltete die Basler Studentenschaft einen Eulerkommers, an dem als Gäste ausser den Professoren und ihren Damen auch fast alle fremden Delegierten teilnahmen.

22. Der Plan einer Gesamtausgabe von Eulers Werken.

Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft hat im abgelaufenen Jubiläumsjahre durch ihre Denkschriftenkommission einen Beschluss gefasst, der hoffentlich dazu führen wird, dass endlich ein seit Jahrzehnten von den Mathematikern gehegter Traum verwirklicht werde. Am 29. Juli 1907 stellte der Schreiber dieser Zeilen in der Jahresversammlung zu Freiburg folgenden Antrag:

Herr Präsident!
Hochgeehrte Herren!

Am 15. April dieses Jahres waren es 200 Jahre, dass Leonhard Euler in Basel das Licht der Welt erblickt hat. In einer Gesellschaft wie der Schweizerischen Naturforschenden ist es nicht nötig, auseinander zu setzen, wer und was Euler war. Es genügt zu sagen: er war der unbestritten grösste Mathematiker, der je aus der Schweiz hervorgegangen ist, er war der unbestritten grösste Mathematiker des ganzen 18. Jahrhunderts und er gehört zu den ganz wenigen, die mit den Jahrhunderten wachsen. So wurde denn auch der zweihundertjährige Geburtstag Eulers in der ganzen wissenschaftlichen Welt festlich begangen: Ich erinnere an die wahrhaft erhebende Feier, die die Universität Basel veranstaltet hat, ich erinnere an die Festakte in Berlin, Petersburg und so vielen andern Städten und ich verweise auf die zahlreichen Publikationen aller Art, die dieses Jahr zu Ehren Eulers veröffentlicht worden sind. Und alle diese Kundgebungen, sie klangen aus in dem einen Satze: Es bleibt noch eine Ehrenpflicht zu lösen übrig, mit der nicht länger gezögert werden darf, die Gesamtausgabe der Werke Eulers! Wohl kann diese gewaltige Aufgabe nur durch das Zusammenwirken Vieler bewältigt werden, aber die Blicke der ganzen mathematischen Welt sind dieses Jahr doch zunächst nach der Schweiz gerichtet, weil man von dem Heimatlande Eulers eine tatkräftige Initiative erwartet. Und diese Aufgabe darf die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft nicht von sich weisen!

Nach unseren Statuten fällt die Aufgabe in die Kompetenz der Denkschriftenkommission. Ich erlaube mir daher, zugleich im Namen von Prof. Geiser, Prof. Kleiner und Prof. Moser der Denkschriftenkommission den folgenden Antrag vorzulegen: Es wird eine Kommission von sieben Mitgliedern bestellt mit dem Auftrag: Die Mittel und Wege zu studieren, die zu einer Gesamtausgabe der Werke Eulers erforderlich sind. Die Kommission wird die notwendigen vorbereitenden Schritte tun und der nächsten Jahresversammlung Bericht erstatten.

Der Präsident der Denkschriftenkommission, Herr Prof. Dr. Schinz, erklärte sich sofort zur Entgegennahme des Antrages bereit und versprach, dass die Denkschriftenkommission in ihrer Herbstsitzung diese Eulerkommission bestellen werde.

Die Sitzung der Denkschriftenkommission fand nun am 2. Oktober 1907 im Bundesrathause zu Bern statt. Es wurde beschlossen, die Eulerkommission aus 11 Mitgliedern zu bestellen, und zwar wur-

den gewählt: Prof. Dr. F. Rudio-Zürich, als Präsident, Prof. Dr. H. Amstein-Lausanne, Prof. Dr. Ch. Cailler-Genf, Prof. Dr. R. Gautier-Genf, Prof. Dr. C. F. Geiser-Zürich, Prof. Dr. J. H. Graf-Bern, Prof. Dr. E. Hagenbach-Basel, Prof. Dr. Chr. Moser-Bern, Prof. Dr. A. Riggenbach-Basel, Prof. Dr. K. Von der Mühll-Basel und der Präsident der Denkschriftenkommission als solcher, nämlich Herr Prof. Dr. H. Schinz-Zürich.

Inzwischen hatte auch die Deutsche Mathematiker-Vereinigung, die ja zwei Sitzungen ihrer Dresdener Jahresversammlung (15. bis 18. September 1907) nur mit Eulervorträgen gefüllt hatte, in ihrer Geschäftssitzung vom 18. September 1907 Veranlassung genommen, sich mit der Frage der Gesamtausgabe der Werke Eulers zu beschäftigen. In dem gedruckt vorliegenden Protokolle der Dresdener Versammlung (Sonderabdruck aus dem Jahresbericht 1907, Heft 11/12) heisst es:

„Rudio hat dem Vorstande mitgeteilt, dass die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft eine Kommission von 7 [die Zahl wurde, wie wir gesehen haben, auf 11 erhöht] Mitgliedern bestellt hat mit dem Auftrage, „Die Mittel und Wege zu studieren, die zu einer Gesamtausgabe der Werke Eulers erforderlich sind", und hat den Wunsch ausgesprochen, dass auch die Deutsche Mathematiker-Vereinigung eine Kommission mit dieser Aufgabe betraue. Auf Vorschlag des Vorstandes wählt die Versammlung: Pringsheim, Stäckel und den Schriftführer [Krazer] in diese Kommission und beauftragt sie, sich mit Rudio in Verbindung zu setzen, um, wenn möglich, schon dem IV. Internationalen Kongresse in Rom Vorschläge unterbreiten zu können."

Diese deutsche Eulerkommission wählte Herrn Stäckel zu ihrem Vorsitzenden, der sich auch sofort mit dem Vorsitzenden der schweizerischen Kommission in Verbindung setzte. Indessen ist es begreiflich, dass bei der Grösse des geplanten Unternehmens diese Verhandlungen im abgelaufenen Jahre noch nicht zu bestimmten Resultaten haben führen können.

Dagegen wurde dem Vorsitzenden der schweizerischen Eulerkommission noch im Berichtsjahre eine ganz besondere Freude zu teil: Ein hochherziger Gönner der Wissenschaft, der aber ungenannt bleiben will, hat ihm mit Schreiben vom 24. Oktober die schöne Summe von 12000 Fr. für die Eulerausgabe zugesichert. Die Eulerkommission ist dem Donator um so dankbarer, als nun doch endlich einmal ein wirklicher An-

fang gemacht ist! Hoffentlich wird diese hochherzige Handlung noch recht viele Freunde der Wissenschaft veranlassen, das schöne Unternehmen tatkräftig zu unterstützen.

Die schweizerische Eulerkommission trat am 24. November im Bundesrathaus zu Bern zu ihrer ersten Sitzung zusammen. Nachdem sie sich konstituiert hatte (Vizepräsident: Herr Prof. Riggenbach, Aktuar: Herr Prof. Graf), gab der Vorsitzende zunächst einen Überblick über die umfangreiche Vorgeschichte des Unternehmens, die im vergangenen Jahrhundert besonders durch die Namen N. Fuss, P. H. v. Fuss, C. G. J. Jacobi, J. Hagen bezeichnet ist. Er verwies zugleich auf die Abhandlung Bibliographisch-historisches zur Erinnerung an Leonhard Euler, die der unermüdliche Kämpfer für die Eulerausgabe, Herr Felix Müller, zum Eulerjubiläum im Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung hatte erscheinen lassen, und er unterliess nicht, im voraus schon auf die bevorstehende hochbedeutende Publikation des Herrn P. Stäckel hinzuweisen, in der dieser den wertvollen, der Veranstaltung einer Eulerausgabe gewidmeten Briefwechsel zwischen dem grossen Mathematiker Jacobi und P. H. v. Fuss der mathematischen Welt und insbesondere „allen, die es angeht", vorlegen wird.

An diese Mitteilungen schlossen sich Betrachtungen darüber, wie wohl eine Eulerausgabe zweckmässig einzurichten sei. Entsprechend den Gebieten, auf denen Euler tätig gewesen ist, nämlich dem der reinen Mathematik, der Mechanik, der Physik, der Astronomie und anderen, dürfte sich eine Einteilung in etwa 4 oder 5 unabhängige Serien empfehlen, was auch die praktische Durchführung des Unternehmens erleichtern würde. Jedenfalls aber müsste auch der umfangreiche Briefwechsel, soweit möglich, vollständig aufgenommen werden, dessen Bedeutung allein schon durch die von Herrn Eneström in den letzten Jahren publizierte Korrespondenz Eulers dargetan wird, gar nicht zu reden von den Briefen Eulers, die in der zweibändigen, 1843 von P. H. Fuss herausgegebenen Correspondance mathématique et physique de quelques célèbres géomètres du XVIII siècle enthalten sind.

Zum Schlusse kamen — last not least — Darlegungen des Kostenpunktes. Da die Schätzungen indessen noch nicht abgeschlossen sind, so sollen an dieser Stelle weitere Mitteilungen unterbleiben. Der Vorsitzende vertrat aber lebhaft den Standpunkt, dass die Schweiz, als Eulers Vaterland, es als eine Ehrenpflicht betrachten müsse, an die freilich nicht unbedeutenden Kosten einen ganz namhaften Beitrag zu leisten. Denn nur durch ein von kleinlichen Bedenken freies, wirklich opferwilliges Beispiel, wie es der hochherzige Zürcher Do-

nator bereits gegeben habe, werde es der Schweiz möglich sein, im Auslande die nötige Begeisterung zu entfachen und sich die erforderliche Mitwirkung zu sichern.

An diese Mitteilungen schloss sich nun ein allgemeiner Ratschlag an, an dem alle Anwesenden lebhaft teilnahmen. Es wurde in Aussicht genommen, die Unterstützung des Bundes, der Kantone, zumal Basels, und auch privater Kreise anzurufen. Mit Rücksicht aber darauf, dass bei den massgebenden Behörden die Budgetberatungen für das laufende Jahr längst vorüber seien, sah die Kommission davon ab, jetzt schon bestimmte Beschlüsse zu fassen. Auch wünschten einige Mitglieder zunächst noch Vervollständigung des vorgelegten Materiales. Der Vorsitzende wurde beauftragt, das Nötige vorzubereiten und die Kommission in den ersten Monaten 1908 zu einer zweiten Sitzung einzuberufen.

Der Schreiber dieser Zeilen hofft, in einer der nächsten Nummern der „Notizen" recht erfreuliche Mitteilungen über den Verlauf dieser zweiten Sitzung der Eulerkommission und über den Erfolg ihrer Beschlüsse machen zu können.

23. Nekrologe.

Charles Mayer-Eymar (1827—1907, Mitgl. d. Gesellsch. seit 1872).

Am 25. Februar starb im hiesigen Kantonsspital als müder Greis Professor Charles Mayer, der es verdient, dass seiner in der Öffentlichkeit mit Pietät gedacht wird.[1]) Er ist bei Lebzeiten vom Glücke nicht gerade verhätschelt worden und seine äussere Stellung war bescheiden. Zu sehr Sonderling, um sich eine glänzende Laufbahn zu schaffen, vertrat er dennoch sein Spezialgebiet, die Paläontologie, als Forscher in so erfolgreicher Weise, dass sein Name in der Nachwelt nicht verloren gehen kann.

Charles Mayer ist gebürtig aus der Stadt St. Gallen; er verbrachte seine erste Jugend in Frankreich und besuchte später die Schulen seiner Vaterstadt. Frühzeitig zeigte sich bei ihm ein auffallendes Interesse für Versteinerungen und er warf sich mit Feuereifer auf das Studium der Geologie. In Paris fesselte ihn neben Elie de Beaumont der berühmte Paläontologe Alcide d'Orbigny durch seine Vorlesungen über Stratigraphie. Als dessen spezieller Schüler entwickelte er später die Ideen seines Meisters weiter. Mit besonderem Eifer widmete er sich dem Studium der tertiären Gesteine. Ihre Leitfossilien kannte er genau und er erwarb sich im Laufe der Zeit in diesem Wissenszweige eine solche Autorität, dass er von Fachgenossen des Inlandes und Auslandes vielfach zu Rate gezogen wurde. Wie uns von eingeweihter Seite bemerkt wird, begann Charles Mayer seine ersten Untersuchungen im Kanton Bern und sein Name erscheint bereits 1853 in den „Denkschriften" der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Im Jahre 1857 trat er mit einem Versuch zur Eintei-

[1]) Dieser Nekrolog war zuerst in der Neuen Zürcher Zeitung veröffentlicht. Er stammt aus der Feder des Herrn Prof. Dr. C. Keller.

lung der tertiären Ablagerungen Europas an der Naturforscherversammlung in Trogen hervor. Später baute er diesen Gegenstand immer mehr im einzelnen aus. Für die geologische Chronologie der Sedimentgesteine hegte er ein besonders lebhaftes Interesse und ihm gebührt ein wesentlicher Anteil, hier die richtigen Wege geebnet zu haben. Es sind fünfzig Jahre her, seit Escher von der Linth auf den jungen Gelehrten aufmerksam wurde und ihn nach Zürich zog. Damit war für Charles Mayer ein günstiges Feld der Tätigkeit eröffnet, denn die schweizerische Paläontologie war noch wenig ausgebaut. Für diese dankbare Aufgabe brachte er reiche Kenntnisse und einen ganz ungewöhnlichen Scharfblick für Formen mit. Als leidenschaftlicher Sammler lebte er im Gebirge glücklich bei seinen Versteinerungen. Bald dehnte er das Gebiet seiner Forschungen aus und er wurde ebensogut zu Hause im Tertiär von Italien, Frankreich und Österreich. In neuerer Zeit wanderte er mit Vorliebe nach Nordafrika, besonders nach dem für den Paläontologen so dankbaren Tertiär des Nillandes und wenn er mit Steinen beladen von den ehrwürdigen Pyramiden nach dem glanzvollen Kairo heimkehrte, erregte er das gerechte Erstaunen der dortigen Araber. Auch in der ägyptischen Gelehrtenwelt sah man ihn gerne. Er nahm unseres Wissens an den Sitzungen der Geographischen Gesellschaft Anteil, zu denen Nubar Pascha, der die Verhandlungen leitete, illustre Persönlichkeiten einlud. Die Zahl der wissenschaftlichen Arbeiten Mayers ist sehr gross, sie sind vorzugsweise niedergelegt in den schweizerischen „Denkschriften", in der „Vierteljahrsschrift" der Zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft, im „Bulletin de la Société géologique de France", im „Journal de Conchyliologie" usw.

In seinen Bestimmungen der versteinerten Gegenstände galt Mayer als ausserordentlich zuverlässig; sein sicherer Blick und seine Kenntnis der Literatur waren anerkannt. Wie enthusiastisch er unter Umständen an eine Arbeit ging, habe ich selbst gelegentlich erfahren. Vor Jahren sammelte ich in Ostafrika und stiess im Somaliland in der Nähe des Webistromes auf früher unbekannte Kreideablagerungen, die Versteinerungen in sehr gutem Erhaltungszustand enthielten. Charles Mayer interessierte sich ausserordentlich dafür und übernahm sofort die Bearbeitung der neuen Arten. Er legte sich einen Vorrat von Eiern und anderen haltbaren Viktualien an und war selbst über die Mittagszeit bei der Arbeit, die er in wenigen Wochen vollendete; sie erschien schon im nächsten Heft der Vierteljahrsschrift und wurde im Ausland viel bemerkt.

Als Mensch besass Charles Mayer eine Reihe vortrefflicher Eigenschaften. Von Natur aus grundehrlich, war er allen, die ihn näher kannten, durchaus sympathisch. Sein harmloses Wesen war ohne Falsch; Feinde hat er wohl nie besessen, dafür mehr Freunde, als er vermutete. Noch im Vorjahre konnte er sich davon überzeugen, als in St. Gallen die Naturforscherversammlung ihm zu seinem 80. Geburtstage eine wohlverdiente Huldigung darbrachte, die den gebrechlichen Greis innig erfreute. Er hatte das Bedürfnis, im Kreise gleichgesinnter Freunde zu verkehren, doch wurde es in den letzten Jahren einsamer um ihn herum. Sein urwüchsiges Wesen fügte sich je länger je weniger einem äussern Zwang und mit der Zeit wuchs er sich zu einem Typus aus, der lebhaft an den genialen solothurnischen Geologen Gressly erinnerte, mit dem er in der Jugend befreundet war.

Begegnete man ihm etwa auf seinen Exkursionen, so gewann man die Überzeugung, dass der wetterfeste Mann von Europas übertünchter Kultur

nicht angekränkelt war; aber im Verkehr trat bei ihm stets die gewinnende Art hervor. Das Geschick hat ihm eine glänzende äussere Stellung versagt, was billig denkende Naturen oft lebhaft schmerzte. Mayer kam zu früh oder zu spät, wie man will. Als er seine Laufbahn als Paläontologe begann, war die Spezialisierung der Wissenschaft noch nicht so weit gediehen, um ihm eine passende Professur zu schaffen, und als die Zeit da war und die Universität Zürich ihn zum Professor ernannte, um ihm wenigstens äusserlich eine Genugtuung zu verschaffen, da stand er bereits in einem Alter, in dem man sich kaum mehr so anpassen kann, um in der eigenartigen Dozentenlaufbahn Erfolg zu haben.

In jüngern Jahren hat Mayer unter diesen Verhältnissen stark gelitten, später hat er sich mit einer guten Dosis Bonhomie und einer unverwüstlichen Begeisterung für seine Wissenschaft über den Mangel an äusserem Erfolg hinweggeholfen. Er behielt seine geistige Frische auffallend lang; auch körperlich vermochte er sich bis in die jüngste Zeit leidlich aufrecht zu erhalten. Dann brach er plötzlich als hülfloser Greis zusammen und die milde Hand des Todes erlöste ihn.

Seinem unermüdlichen Arbeitseifer verdankt unsere Sammlung eine Anhäufung reichen Materials. Im Kreise der Paläontologen wird Charles Mayer nicht nur im Inland, sondern auch im Ausland stets an hervorragender Stelle genannt werden. Wir hätten ihm ein freundlicheres Schicksal gegönnt und hoffen, dass die Zukunft bei uns milder sei und das wirkliche Verdienst, auch da wo es etwas unbeholfen ist, besser anerkenne.

Evariste Mertens (1847—1907, Mitgl. d. Gesellsch. seit 1886).

Samstag den 23. März ist nach kurzer Krankheit Evariste René François Mertens zur ewigen Ruhe eingegangen.[1] Obwohl nicht Zürcher von Geburt, hat er doch für die Entwickelung der Gartenanlagen Zürichs so viel gewirkt, dass es eine Ehrenpflicht ist, kurz seiner Verdienste zu gedenken.

Er war am 9. Januar 1847 in Brüssel geboren, wo sein Vater eine Buchdruckerei besass. Frühzeitig regte sich in dem begabten Knaben die Freude an der Pflanzenwelt. Dieser Zug war es, der ihm den Beruf vorschrieb, und diese Freude an den Naturschönheiten hat ihn geleitet bis an seines Lebens Ende. Sie war es aber auch, die dem rastlosen Manne die Erfolge in seinem Berufe, der Landschaftsgärtnerei, sicherte und ihm über die Mühen des Lebens, von denen er auch nicht verschont blieb, hinweg half.

Neben einem tüchtigen Lehrmeister hatte Mertens das Glück, an der Gartenbauschule in Gent seine Ausbildung zu geniessen. Diese Schule galt damals nicht allein als die beste Belgiens, sondern auch als eine der besten der ganzen Welt. Später ging er nach Paris und dann nach England. In diesen Wanderjahren kam er durch die Beziehungen eines Schulfreundes Anfang der Siebziger Jahre nach der Schweiz. Es gefiel dem jungen Manne in unserm an Naturschönheiten reichen Lande so gut, dass er sich entschloss, in der Heimat seines Freundes, in Schaffhausen, sich zu etablieren. Dort gründete er seinen Hausstand. Anfang der Achtziger Jahre siedelte er nach Zürich über, um als Associé in die Firma Froebel & Mertens einzutreten. Im Jahre 1887 erfolgte

[1] Dieser von Herrn Prof. Dr. H. C. Schellenberg verfasste Nekrolog erschien zuerst in der Neuen Zürcher Zeitung.

die Trennung; Mertens gründete sein eigenes Geschäft, das sich unter seiner trefflichen Leitung zu einer der grössten und angesehensten Landschaftsgärtnereien der Schweiz entwickelt hat.

Die Hauptleistungen von Mertens sind auf dem Gebiete der Landschaftsgärtnerei. Sein guter Blick für Naturschönheiten und eine echt künstlerische Auffassung seines Berufes hat ihn vor allerlei Extravaganzen bewahrt, die man heute in Gartenanlagen trifft. Seine Gartenschöpfungen verraten überall den Künstler, der grosse, einheitliche Züge seinen Projekten zugrunde gelegt hat und das Ganze dem Landschaftsbilde anzupassen wusste. Dabei ging er seine eigenen Wege. Wenn auch die grossen französischen Meister der Gartenkunst ihm als Vorbild dienten, so wusste er doch Mannigfaltigkeit in die Details des Gartens hineinzubringen und auch modernen Bestrebungen gerecht zu werden. Die Quaianlagen Zürichs geben von seinem Können beredtes Zeugnis. Mit Stolz darf Zürich diese Musteranlage die Seine nennen. Als es galt, die altehrwürdige Baumallee im Platzspitz den Anlagen um das Landesmuseum anzupassen, waren es seine Ratschläge, die die heutige glückliche Lösung herbeiführten. Seiner Pflege verdankt der Tonhallegarten die heutige Ausgestaltung. Und gar manche Villa Zürichs, die sich einer schönen Gartenanlage rühmt, verdankt deren Erstellung der Firma Mertens. Sein Ruf als Landschaftsgärtner geht weit über die Grenzen Zürichs hinaus.

Neben der Landschaftsgärtnerei war Mertens seit 1885 Dozent für Obstbau am eidgenössischen Polytechnikum. Gründliche Fachbildung und reiche Erfahrung waren die beiden Momente, die seinen schlichten Vorlesungen den Stempel der Gediegenheit verliehen. Wenn Mertens auch nicht über ein grosses Rednertalent verfügte, so fühlte der Student sich doch zu diesem Manne hingezogen, denn in jedem Wort empfand er das gewissenhaft abgewogene Urteil des sorgfältig beobachtenden Praktikers. Dazu kam sein offener und liebenswürdiger Charakter, der es bewirkte, dass zwischen ihm und den Studierenden ein von aufrichtigem Vertrauen getragenes Freundschaftsverhältnis sich entwickelte.

Literarisch ist Mertens nie stark hervorgetreten. Die reiche Betätigung in seinem Geschäft liess ihm dazu keine Zeit. In Furrers Volkswirtschaftslexikon der Schweiz hat Mertens den Artikel Gartenbau bearbeitet und im landwirtschaftlichen Jahrbuch der Schweiz 1892 findet sich eine Abhandlung über den Obstgarten des eidgenössischen Polytechnikums. Daneben hat er gelegentlich in der Tagespresse und in Gartenbauzeitschriften kleinere Artikel publiziert.

Mit Vorträgen ist er besonders im engeren Kreise seiner Fachgenossen hervorgetreten. An den Vortragszyklen für praktische Landwirte am Polytechnikum hat er sich regelmässig beteiligt. In der Gartenbaugesellschaft „Flora“, deren Präsident er war, hatte er öfters Referate gehalten. Und auch in der zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft beteiligte er sich mit Demonstrationen aus seiner reichen Praxis. In diesen einfach und sachlich gehaltenen Referaten kam immer seine ausgezeichnete Naturbeobachtungsgabe zum Ausdruck.

In seinem Charakter war Mertens gewissenhaft, liebenswürdig und stets dienstbereit gegenüber seinen Mitmenschen; nie ist bei ihm vergebens um Rat oder Mithülfe angeklopft worden. Gegenüber seinen Untergebenen war er wohlwollend und rücksichtsvoll; so sind denn auch seine Bemühungen zur Hebung des Gärtnerberufes zahlreich. In seinem Auftreten war er bescheiden; äussere Ehrungen machten auf ihn wenig Eindruck.

Der Zürcher Gartenbaugesellschaft „Flora" war er das leitende Mitglied und ihr langjähriger Präsident; im schweizerischen Gartenbauverein bekleidete er die Stelle des Vizepräsidenten. Er war ein eifriges Mitglied der zürcherischen und schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Ferner gehörte er der Aufsichtsbehörde der interkantonalen Schule für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil an. Seit Jahren war er Mitglied der Promenadenkommission der Stadt Zürich und es ist keine grössere Anlage erstellt worden, in der nicht sein Rat mitgeholfen hätte.

Nun ruht Mertens von seiner Arbeit aus, und bald werden die Blumen, mit denen er so innig verbunden war, auch seinen Grabeshügel schmücken. Wir aber stehen dankbar an seinem Grabe und anerkennen es, dass mit ihm ein guter Mensch, der redlich sein ganzes Leben bestrebt gewesen ist, den Mitmenschen zu nützen und zu dienen, nach strenger Arbeit die wohlverdiente Ruhe gefunden hat.

Ludwig Fischer (1826—1907, Ehrenmitgl. d. Gesellsch. seit 1883).

Es möge einem Fachgenossen und Freund der Familie vergönnt sein, an dieser Stelle dem vor kurzem dahingeschiedenen Nestor der schweizerischen Botaniker einige Worte dankbarer Erinnerung zu weihen.[1])

Fischer stammt aus einer alt eingesessenen, angesehenen Berner Familie, die während 150 Jahren die Post für Bern und später auch für benachbarte Kantone in Pacht hatte; sein Vater war Postdirektor. Seine Mutter war eine geborene von Graffenried von Burgistein. Der junge Fischer wuchs auf dem schön gelegenen Landgute Wabern (der jetzigen „Grünau") auf; er erhielt den ersten Unterricht durch Hauslehrer, von denen besonders der spätere Pfarrer von Hilterfingen, Moser, anregend auf ihn wirkte. Von 1838 bis 1844 besuchte er die bürgerliche Realschule in Bern, an der damals der spätere Direktor der Zürcher Sternwarte, Prof. Rudolf Wolf, als Lehrer der Mathematik und Astronomie wirkte. Fischer hat diesem trefflichen Manne zeitlebens ein dankbares Andenken bewahrt.

Der junge Mann wandte sich zunächst der Pharmazie zu. Nachdem er bis Herbst 1846 an der Berner Universität Naturwissenschaften studiert hatte (bei Brunner, Bernhard Studer, Wydler u. a.), machte er bis 1848 seine Lehrzeit bei Apotheker Kerner in Besigheim (Württemberg) durch und trat dann als Gehilfe in die Apotheke Müller an der Kreuzgasse in Bern.

Seine Universitätsstudien vor Erwerbung des Apotheker-Patents machte der junge Pharmazeut in Genf (1849-1850), wo er bei Alphonse De Candolle, Pictet de la Rive und Wartmann hörte. Innige Freundschaft verband ihn damals mit einigen gleichstrebenden jungen Männern: den Botanikern J. Müller-Argoviensis, dem spätern berühmten Systematiker und Flechtenforscher, und J. Schwendener, dem jetzt in Berlin wirkenden genialen Begründer der physiologischen Anatomie; ferner mit dem vor Jahren in Strassburg verstorbenen Altmeister der Pharmakognosie, Flückiger. Auf ausgedehnten Exkursionen studierten die Freunde die Flora: im Mai 1850 im Wallis, im Juli in Oberitalien und Tirol; an dieser Reise beteiligten sich Pfarrer Duby, de Morsier und F. Burckhardt.

[1]) Der (von C. S. verfasste) Nekrolog ist zuerst in der Neuen Züricher Zeitung erschienen. Für die Mitteilung der biographischen Daten ist der Verfasser Herrn Prof. Dr. Ed. Fischer in Bern, dem Sohne des Verstorbenen, zu herzlichem Dank verpflichtet.

Wohl erwarb sich Fischer im Februar 1851 das Apotheker-Patent, aber die Botanik hatte es ihm angetan: wie so mancher seiner pharmazeutischen Standesgenossen (ich nenne nur Pfeffer in Leipzig und Chodat in Genf) ging er ins Lager der Pflanzenkunde über. Er sass zunächst ein Jahr in Jena zu Füssen des geistvollen Schleiden; dann hörte er in Berlin bei Alexander Braun und mikroskopierte bei Schacht, bei dem er mit A. de Bary zusammentraf. Unterdessen war in Zürich ein neuer Stern in der Botanik aufgegangen: C. v. Nägeli, der eine begeisterte Schar jüngerer Schweizer-Botaniker um sich sammelte; zu ihnen gesellte sich Fischer. Es war eine anregende, gewinnbringende Zeit für den werdenden Gelehrten. Er schloss sich besonders an Carl Cramer, unsern unvergesslichen Zürcher Botaniker, und an Bernhard Wartmann, den ausgezeichneten St. Galler Pädagogen, an. Das unzertrennliche Botaniker-Trio machte zahlreiche Exkursionen in die engere und weitere Umgebung Zürichs, wobei ebenso eifrig Kryptogamen wie Phanerogamen gesammelt wurden. Mit Nägeli, Oswald Heer, A. Regel, dem Flechtenkenner Dr. Hepp und andern kamen sie in einem „botanischen Kränzchen“ zusammen, das viel Anregung brachte. Auf Nägelis Laboratorium wurden Algenstudien betrieben; Fischer arbeitete an seiner Dissertation, welche im Jahr 1853 erschien: „Beiträge zur Kenntnis der Nostochaceen und Versuch einer natürlichen Einteilung derselben“. Als Nägeli im Herbst 1852 einem Rufe nach Freiburg im Breisgau folgte, begleitet von C. Cramer und Wartmann, trennte sich das Kleeblatt: Fischer kehrte in seine Vaterstadt zurück, um sich dort im Frühjahr 1853 zu habilitieren; im Jahr 1860 wird er ausserordentlicher, 1863 ordentlicher Professor als Nachfolger von Wydler. Er leitete die Neuanlage des botanischen Gartens an seinem gegenwärtigen Platz und führte seit 1860 die Direktion desselben.

In dieser Stellung, als Professor der Botanik an der Universität Bern und als Direktor des botanischen Gartens hat Fischer von 1860—1897 treu gewirkt. Er las allgemeine und spezielle Botanik, leitete die mikroskopischen Praktiken und die Exkursionen, administrierte den Garten und führte in Spezialkollegien und Praktiken zahlreiche Schüler in die Kryptogamenkunde ein. Schlicht und anspruchslos wie seine ganze Persönlichkeit waren auch seine Vorlesungen; aber mit grösster Gewissenhaftigkeit und Gründlichkeit suchte er sie auf der Höhe zu halten. Er war in der Literatur seines Gebietes zu Hause wie Wenige.

Auch nach seinem Rücktritt vom Ordinariat hat er als Honorarprofessor am akademischen Unterricht teilgenommen, solange es ihm seine Kräfte erlaubten. Ganz besonders lieb waren ihm die „Demonstrationen zur Kryptogamenkunde“, zu denen er jeden Sonntag nachmittag eine Anzahl Studenten in seiner Wohnung zu vereinigen pflegte. Er zeigte die seltenen Formen aus seinem Herbar, besprach die neuere Literatur und machte in frühern Zeiten Exkursionen, auch im Winter. Noch im Winter 1906/07 hat er dieses Kolloquium abgehalten, und im Herbar des botanischen Gartens an den Einordnungsarbeiten sich beteiligt. So hat er im ganzen 54 Jahre an der Berner Hochschule gewirkt!

Seine wissenschaftliche Tätigkeit, soweit sie in Publikationen zum Ausdruck kam, erstreckte sich hauptsächlich auf zwei Gebiete: Kryptogamenkunde und Floristik seiner engern Heimat. Neben zahlreichen, in den Mitteilungen der Berner Naturforschenden Gesellschaft publizierten kleinen Notizen hat Fischer ein „Verzeichnis der in Berns Umgebung vorkommenden kryptogamischen Pflanzen“ herausgegeben (1858, mit Nachträgen 1872). In den Be-

richten der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft hat er von 1898—190[illegible] über die neue Literatur und die neuen Standorte von Algen und Moosen referiert. Äusserst praktisch eingerichtete „Tabellen zur Bestimmung einer Auswahl der wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Thallophyten und Bryophyten, als Anleitung zum Gebrauch der systematischen Spezialwerke“ hat er seinen kryptogamischen Bestimmungen zugrunde gelegt und als Manuskript drucken lassen.

Ein eigenes von ihm aufgestelltes System der Thalloptyta, das mit den später von Sachs herausgegebenen, auf die Fruktifikation gegründeten nahezu völlig übereinstimmte, hat Fischer nie veröffentlicht: es wurde nur durch Sachs bekannt, dem er es schriftlich mitgeteilt hatte.

Gesammelt hat Fischer neben Blütenpflanzen hauptsächlich Algen und Moose. Die „schweizerischen Kryptogamen“ von Wartmann und Schenk enthalten manchen Beitrag von seiner Hand, und sein reiches Herbar bildet jetzt eine Zierde der Sammlung des botanischen Gartens in Bern.

Sein Hauptwerk in der Floristik der Blütenpflanzen ist seine „Flora von Bern“, welche als „Taschenbuch“ 1885 zu ersten Male, 1903 in siebenter Auflage erschien, von 139 auf 315 Seiten angewachsen. Dieses Buch ist ein Muster an Sorgfalt in den diagnostischen und standörtlichen Angaben; mit unendlicher Gewissenhaftigkeit wurde jedes Datum geprüft und bei jeder Auflage wieder da und dort gefeilt; auch das System immer wieder den neuen Forschungen angepasst. Es ist mit Bestimmungstabellen und Diagnosen versehen und leistet für die akademische Botanik in Bern ausgezeichnete Dienste.

Aber auch die Berner Alpenflora hat Fischer studiert; die Resultate dieses Studiums liegen in einem Standortskatalog vor, betitelt: Verzeichnis der Gefässpflanzen des Berner Oberlandes, mit Berücksichtigung der Standortsverhältnisse, der horizontalen und vertikalen Verbreitung. — Ein Beitrag zur Pflanzengeographie der Schweiz — 196 Seiten 8°. Bern 1876, mit drei Nachträgen von 1882, 1890 und 1905.

Neben der akademischen Lehr- und Forscherwirksamkeit betätigte sich Fischer auch mannigfach an öffentlichen Werken; der bescheidene zurückgezogene Mann liess sich freilich suchen für solche Dinge, war aber, einmal gewonnen, ein treuer, eifriger Mitarbeiter. So amtete er von 1886—1906 als Mitglied der Denkschriftenkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft; von 1894—1907 war er in der Preisfragenkommission derselben Gesellschaft tätig; und noch in weiteren neun Kommissionen und Ämtern diente er dem Lande, seinem Kanton und seiner Vaterstadt.

Auch an Ehrungen fehlte es ihm nicht; der Schweizerische Apotheker-Verein, die Zürcher und St. Galler Naturforschende Gesellschaft haben ihn zum Ehrenmitglied, und die Botanische Gesellschaft Belgiens und Genfs zum korrespondierenden Mitglied ernannt.

In der Ehe war ihm hohes Glück beschieden; 42 Jahre lang lebte er in ungetrübter Harmonie mit seiner Gattin Mathilde Berri; sie schenkte ihm vier Kinder, von denen eines im jugendlichen Alter starb. Der ältere Sohn folgte dem Vater nach als Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens von Bern; es war für den Verstorbenen eine hohe innige Freude, seinen Sohn als angesehenen Gelehrten auf demselben Lehrstuhl zu sehen, den er 37 Jahre innegehabt hatte! Er lebte mit ihm zusammen und sah den Hausstand seines Sohnes wachsen und gedeihen; drei blühende Enkelkinder waren

die Sonne seiner sich neigenden Tage. Der zweite Sohn wirkt als Pfarrer in Ringgenberg, wo der Vater öfters schöne Tage verbrachte; die Tochter war seine Stütze bis zur letzten bangen Stunde.

Der Grundzug in Fischers Charakter war absolute Ehrlichkeit und Gewissenhaftigkeit, gepaart mit einer seltenen Bescheidenheit und genährt von tiefer Religiosität.

Still und stetig ging der stattliche hagere Mann mit dem feingeschnittenen, bartlosen Gelehrtenantlitz seinen Pflichten nach. Aber wenn es not tat, trat er kräftig und bestimmt für seine Überzeugung in die Schranken; so wirkte er u. a. mit Begeisterung für die Abstinenz. Trotz seiner zarten Konstitution blieb ihm seine Leistungsfähigkeit bis zuletzt erhalten, dank wohl hauptsächlich seiner regelmässigen Lebensweise. Wohl begannen seine physischen Kräfte in den letzten Jahren abzunehmen, aber seine geistige Klarheit ist ihm bis zum letzten Tage vollkommen erhalten geblieben! Sein Ende kam so völlig unerwartet, dass sein Sohn, Prof. Eduard Fischer, ahnungslos sich tags zuvor, von der Universität als Delegierter zur Linné-Feier nach Stockholm abgesandt, auf die Reise begab, von der ihn die Trauernachricht zurückrief. In der Nacht vom 20. auf den 21. Mai stellte sich bei dem Verstorbenen schwere Atemnot ein und morgens gegen 7 Uhr schlummerte er sanft und kampflos ein.

Er wird in der Erinnerung aller fortleben, die ihn gekannt haben als ein treuer Familienvater, ein gewissenhafter Forscher und Lehrer, ein guter, edler Mensch.

Gustav Zeuner (1828—1907, Mitgl. d. Gesellsch. seit 1856, Präsident von 1867 bis 1869, Ehrenmitglied seit 1896).

Zum 70. Geburtstage hatte die Schweizerische Bauzeitung eine mit dem Bildnisse Zeuners geschmückte Festnummer herausgegeben, in der die Tätigkeit des Jubilars eine eingehende Würdigung fand. Mit freundlicher Genehmigung der Redaktion bringen wir zunächst jenen Aufsatz vom Jahre 1898 zum Abdruck:

Gar manchem unserer älteren Leser werden die Züge des Mannes, dessen Bildnis diese Nummer der Schweizer. Bauzeitung ziert, Veranlassung sein, freudig und dankbar seiner Studienzeit am eidgen. Polytechnikum zu gedenken. Wenn in weiten Kreisen die gesamte technische Welt am kommenden 30. November, seinem siebzigsten Geburtstag, Herrn Geheimrat Dr. Gustav Zeuner, den hochverdienten Förderer der technischen Wissenschaften feiert, so kommen für uns noch einige besondere Momente in Betracht, welche uns zu einer Besprechung an hervorragender Stelle unseres Blattes veranlassen müssen. „Denn er war unser“ — die Wurzeln seiner Grösse, die Anfänge der verschiedenen Richtungen, nach welchen er eine so erfolgreiche Tätigkeit entfaltet hat, sie liegen auf schweizerischem Boden, in Zürich, wo er bis zum Jahr 1871 eine Zierde des eidgenössischen Polytechnikums bildete, an dem er seit der Gründung im Jahr 1855 gewirkt hat; ein nicht geringer Teil des Ruhmes und Ansehens, welche die junge Hochschule sich bald und auf die Dauer errungen hat, ist auf Zeuners Wirksamkeit zurückzuführen.

Als anspruchslosen Festgruss widmen wir diese Zeilen dankbarer Erinnerung dem hochverdienten Mann, der nunmehr nach 42jähriger, erfolgreichster Lehrtätigkeit in voller Frische des regen Geistes in den wohlverdienten Ruhestand getreten ist, um die ihm noch vergönnten Jahre der Wissenschaft

36

allein zu widmen, dergestalt das Wort Goethes bewahrheitend: „Der ist der glücklichste Mensch, welcher das Ende seines Lebens mit dem Anfang in Verbindung setzen kann!"

Man darf es als ein Glück für die technischen Wissenschaften wie für Zeuner selbst bezeichnen, dass gerade in dem Augenblick, als der 27jährige Mann, einer Empfehlung seines stets hochverehrten Lehrers Weisbach folgend, im Begriffe stand, als Bergingenieur nach Spanien auszuwandern, ihm die Professur für Mechanik und Maschinenlehre an der neu gegründeten polytechnischen Schule in Zürich angetragen wurde. Wenn irgend eine der Berufungen, welche unser unvergesslicher Dr. Kern bewirkte, seinem genialen Scharfblick Ehre machte, so war es diese; wer erinnerte sich nicht beim Anblick der geistvollen, scharfgeschnittenen Züge, wie sie unser etwa aus dem Jahre 1870 stammendes Bild so sprechend wiedergibt, vor allem an den unvergleichlichen Lehrer, welcher wie kaum ein zweiter es verstand, seine Schüler zu begeistern und zu fördern. Zeuner war der geborene Professor; mit unübertrefflicher Klarheit und Anschaulichkeit wusste er in schlichtem, ungekünsteltem Vortrag ein Problem allseitig zu entwickeln, in der knappsten und elegantesten Form mathematisch einzukleiden und, unterstützt durch die ungemeine Lebhaftigkeit und Beweglichkeit seines Wesens den Eindruck hervorzurufen, als ob er eben jetzt, im Augenblick des Vortrages, die Lösung gefunden hätte. Unter seiner Behandlung verschwanden die Schwierigkeiten, alles wurde einfach und leicht verständlich, es war jedesmal wie eine Neuschöpfung des betreffenden Kapitels; kein Wunder, dass seine Schüler begeistert an seinen Lippen hingen, besonders da, wo er über seine eigenen Untersuchungen vortrug.

Während diese Seite seiner Begabung zunächst dem engeren Kreis seiner Schüler zu gute kam, zog er von Anfang an durch seine wissenschaftlichen Arbeiten die Blicke der technischen Welt auf sich; die in rascher Folge erscheinenden Werke legten ein glänzendes Zeugnis ab für seine hervorragende Fähigkeit, die verschiedensten technisch-wissenschaftlichen Fragen in einer Weise zu behandeln, welche neben der Theorie auch die Anwendung zu ihrem vollen Rechte kommen liess.

Schon in den Jahren 1856 und 1857 erschienen im „Civilingenieur", welcher bis zu seinem letzten Band der Feder Zeuners eine Reihe der wertvollsten Beiträge verdankte, zwei Arbeiten über Lokomotivsteuerungen und im ersten Band der „Schweizerischen polytechnischen Zeitschrift" 1856 eine Arbeit über die Stephensonsche Coulisse; diese Erstlinge schon wurden von der Praxis sehr günstig aufgenommen, weil darin ein neues, sehr einfaches und durchsichtiges Verfahren angegeben war, um auf graphischem Wege die Dampfverteilung durch Schieber zu studieren. In rascher Weiterführung des fruchtbaren Grundgedankens entwickelte sich hieraus das im Jahr 1857 in erster, 1888 in fünfter, wesentlich erweiterter Auflage erschienene Buch „Die Schiebersteuerungen", welches bald ins Französische und Englische übersetzt, den Namen des Verfassers in weitesten Kreisen bekannt machte.

War Zeuner schon mit diesem Werk einem Bedürfnis entgegengekommen, so gilt dies in noch höherem Grad von einer zweiten, im Jahr 1859 erschienenen Arbeit, welche ein ganz anderes Gebiet betrifft — wir meinen die „Grundzüge der Wärmetheorie". Wenn es richtig ist, dass für die Wirkung eines wissenschaftlichen Werkes von höchster Bedeutung ist, dass es gerade zur rechten Zeit erscheint, so kann von diesem Buch mit Recht gesagt werden, dass es eine glückliche Geburtsstunde gehabt hat. Auf theoretischem und ex-

perimentellem Weg waren durch Mayer, Clausius, J. und W. Thomson, Clapeyron, dann durch Joule und Hirn die Anschauungen über den Zusammenhang zwischen Wärme und Arbeit von den verschiedensten Standpunkten aus geklärt worden; allein es fehlte an einem Werk, welches dem schaffenden Techniker in übersichtlicher Weise die zerstreuten Ergebnisse der Forschung vermittelt hätte — dies leistete Zeuner in seinen „Grundzügen der Wärmetheorie", der Ansicht Redtenbachers folgend, welcher ihm in jenen Jahren einmal schrieb: „. . . . . ich halte es von nun an für lohnender, sich über die Wärme den Kopf zu zerbrechen . . . . ." Indem Zeuner die klassischen Versuche Regnaults mit heranzog und in der Behandlung des Gegenstandes, namentlich in der Theorie der Dämpfe, vielfach neue, eigene Wege eröffnete und mit seiner fesselnden, ungemein klaren und überzeugenden Darstellungsweise verfolgte, gelang es ihm, in rastloser, fortwährender Verbesserung, Erweiterung und Vertiefung ein Werk zu schaffen, welches von 11 Bogen der ersten Auflage auf deren 63 angewachsen, als „Technische Thermodynamik" zum eisernen Bestand der Fachbibliothek des Maschineningenieurs gehört, dem es eine Fülle von Belehrung und Anregung in den mit der Anwendung der Wärmetheorie zusammenhängenden Fragen gewährt. Ja noch mehr — Zeuners „Technische Thermodynamik" ist für alle literarische Forscherarbeit in dieser Richtung grundlegend und bahnbrechend geworden und hat unmittelbar befruchtend auf die technische Entwicklung einzelner Gebiete des Maschinenwesens gewirkt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die ausserordentliche Entwicklung der modernen Kältetechnik darauf zurückgeht, dass Linde als ehemaliger Schüler Zeuners seine Kältemaschine von Anfang an auf der richtigen thermodynamischen Grundlage aufbaute, wie sie von Zeuner gelehrt wurde. Auf dem gleichen Boden sind W. Schmidt's Heissdampfmaschine, sowie der Dieselmotor erwachsen, und wenn heute, der gesteigerten Intensität wissenschaftlichen Schaffens und Lehrens entsprechend, auch die Ergebnisse der technischen Thermodynamik Gemeingut der technischen Welt geworden sind, so ist darin nur ein Grund mehr zu erblicken, desjenigen sich dankbar zu erinnern, welcher in erster Linie durch seine Forscher- und Lehrtätigkeit dieses Resultat herbeigeführt hat.

Die eingehenden Studien über Wärmetheorie, speziell über die Dämpfe, wirkten noch nach andern Richtungen anregend auf Zeuner, so bei der Behandlung verschiedener, mit der Lokomotive zusammenhängenden Fragen. Im Jahr 1863 erschien das „Lokomotivenblaserohr", ein Buch, welches so recht charakteristisch zeigt, wie meisterhaft der Verfasser es verstand, ein Problem zu vertiefen, verwandtes heranzuziehen und sich zu allgemeineren Beziehungen zu erheben; er versäumt dabei nicht, seine theoretischen Ergebnisse der experimentellen Kontrolle zu unterwerfen. Es ist zu bedauern, dass die damals gehegte Absicht, in einer Reihe von Schriften nach und nach die einzelnen Teile der Lokomotive und alle damit in Zusammenhang stehenden Fragen zu behandeln, nicht zur Ausführung gekommen ist. Als Beweis von der merkwürdigen Vielseitigkeit von Zeuners Interessen darf nicht unerwähnt bleiben, dass er neben zahlreichen, an sein Hauptwerk sich anlehnenden kleineren Arbeiten: über das Ausflussproblem u. s. f. u. s. f., auch auf dem Gebiet der mathematischen Statistik bahnbrechend gewirkt hat und als einer der ersten die Überzeugung aussprach, „dass der Volkswirtschaftslehre noch reicher Gewinn erblühen wird, wenn in ihr die Mittel, über welche die Mathematik verfügt, allgemeine Anerkennung und Verwendung finden." Er hat sich mit Knapp

bemüht, die Statistik zu einer Messungsdisziplin im Dienst der Gesellschaftswissenschaft, gewidmet dem Studium der realen Verhältnisse, zu erheben; 1869 erschienen die „Abhandlungen aus der mathematischen Statistik", welchen 1876 und 1885 noch andere Arbeiten auf diesem Gebiet folgten, die in Fachzeitschriften erschienen. Das Versicherungswesen machte er wiederholt zum Gegenstand von Vorlesungen.

Die ungemeine Arbeitskraft Zeuners wird durch nichts besser illustriert, als durch die Tatsache, dass er neben seiner umfassenden Lehrtätigkeit, neben den in seinen Hauptwerken niedergelegten, eingehenden Studien noch Zeit fand zur Beteiligung an Organisation und Verwaltung der Anstalten, welchen er als Lehrer angehört hat. An der Einrichtung der mechanisch-technischen Abteilung des eidgenössischen Polytechnikums, sowie an den gesamten Verwaltungsangelegenheiten der Schule nahm Zeuner von Anfang an den tätigsten und lebhaftesten Anteil; von 1865 bis 1867 als Direktor an der Spitze der Anstalt stehend, zeigte er seine besondere Befähigung für diesen Posten in glänzendster Weise; die reichste Gelegenheit zur Betätigung seiner organisatorischen Talente bot sich ihm aber, als es 1871 dem Rufe in seine Heimat Sachsen folgte, wo er zuerst als ständiger Direktor der Freiberger Bergakademie an Weisbachs Stelle und 1873 zum Direktor des Polytechnikums in Dresden ernannt wurde.

Bis zum Jahr 1890 hat Zeuner die Leitung der letzteren Anstalt in Händen gehabt und sich ganz besondere Verdienste dadurch erworben, dass er dem Dresdener Polytechnikum eine ganz neue Verfassung gegeben und dasselbe durch Erhebung zum Rang einer Hochschule der Universität ebenbürtig gemacht hat. Er begründete zu den bestehenden Abteilungen für Ingenieurwesen, Maschinenbau und technische Chemie nicht nur eine Hochbauabteilung, sondern schuf auch die allgemeine Abteilung, teils für Mathematik und Naturwissenschaften, teils für allgemeine Wissenschaften (Volkswirtschaft, Betriebslehre, Verwaltungsrecht, allgemeine Geschichte, Kunst- und Literaturgeschichte, Geographie und neuere Sprachen). Unter steter Festhaltung des grossen Gesamtgedankens der technischen Hochschule hat Zeuner mit rastlosem Eifer seine ganze Persönlichkeit eingesetzt, um die schwierige Aufgabe einer gedeihlichen Lösung entgegenzuführen und in 17jährigem treuem, stets opferwilligem, immer die Sache im Auge behaltendem Wirken sie glänzend gelöst. Es war ihm vergönnt, noch bis zum Jahre 1897 als Lehrer zu wirken, wieder zu seiner wissenschaftlichen Tätigkeit zurückzukehren, an deren Entfaltung seine verantwortungsreiche und mühevolle Stellung als ständiger Direktor naturgemäss ihn vielfach gehindert hat — heute ist er der Wissenschaft ausschliesslich zurückgegeben und wir wollen dem verehrten Manne den herzlichen Wunsch aussprechen, dass ihm noch recht lange vergönnt sein möge, „das Ende seines Lebens mit dem Anfang in Verbindung zu setzen!"

Wiederum der Schweizerischen Bauzeitung entnehmen wir den kurzen Nekrolog, den sie Zeuner in ihrer No. 20 vom 16. Nov. 1907 gewidmet hat:

Zu Dresden ist um die Mittagsstunde des 17. Oktober Geh. R. Professor Dr. Gustav Anton Zeuner fast 79 Jahre alt sanft verschieden. Wir haben bereits zu seinem siebzigsten Geburtstage am 30. November 1898 (Bd. XXXII, S. 171) unsern Lesern eine Darstellung der Wirksamkeit des beliebten Lehrers, dessen Namen dauernd mit unserer polytechnischen Hochschule verknüpft ist.

geboten und ein Bildnis aus der Zeit seiner zürcherischen Lehrtätigkeit beigefügt. In das Ende der neunziger Jahre fiel auch sein Rücktritt vom Lehramte. Zeuner widmete zunächst seine Arbeitszeit einer Neubearbeitung seiner „Technischen Thermodynamik", die 1900 in neuer, abermals vermehrter Auflage erschien. Sodann gab er seine „Vorlesungen über Theorie der Turbinen" 1899 bei Arthur Felix in Leipzig heraus. Auch sein Buch über „Schiebersteuerung" ist erst vor wenigen Jahren neu gedruckt worden. Im übrigen hat der Heimgegangene seine letzten Jahre der Familie gelebt und sich von der Beteiligung am öffentlichen Leben immer mehr zurückgezogen.

Wir haben deshalb dem bereits gebotenen Lebensbild heute nichts wesentliches beizufügen.

Da Zeuner schon 1871 von seiner Lehrtätigkeit in Zürich auf ein anderes Wirkungsfeld übergegangen ist, lichten sich auch die Reihen der Kollegen immer mehr, die an unserer Hochschule zu Füssen des begeisterten Lehrers sassen. Den Überlebenden aber steht sein Bild noch heute unvergesslich vor Augen, wie er mit jugendlichem Feuer und einer seltenen, klaren Darstellungsweise es verstand, seine Zuhörerschaft für den Gegenstand des Vortrages zu gewinnen und mit sich fortzureissen.

Mit Zeuner ist der letzte [1]) aus der Zahl unserer Hochschullehrer dahingegangen, die im Jahre 1855 bei Eröffnung des Polytechnikums ihre Lehrtätigkeit an der Schule begonnen und durch ihr glückliches Zusammenwirken der jungen Anstalt in kurzer Zeit den hervorragenden Rang unter ihren Schwesteranstalten errungen haben. Dafür ist die Hochschule auch dem nun, nach überaus arbeitsvollem Leben zur Ruhe Eingegangenen bleibend zu Dank verpflichtet. Und nicht nur als Lehrer, sondern auch als Direktor hat Zeuner dem eidgenössischen Polytechnikum, von 1865 bis 1867 an seiner Spitze stehend, mit grossem Erfolg gedient durch seinen tiefen Einblick in die Bedürfnisse aller der einzelnen Abteilungen und seine klaren Dispositionen bei Aufstellung der Studienordnung und der Lehrpläne.

Zeuner zählte, wie er bei jedem Anlass zu wiederholen liebte, seinen Zürcher Aufenthalt zu den schönsten Zeiten seiner Lehrtätigkeit und hat auch, als ihm Freunde und dankbare Schüler zu seinem 70. Geburtstage einen grössern Geldbetrag zur Verfügung stellten, diesen zu gleichen Teilen zu Stipendienfonds an das Zürcher Polytechnikum, an die Bergakadmie Freiberg und an die technische Hochschule zu Dresden bestimmt.

So ist mit dem Entschlafenen wieder eine Erinnerung aus den ersten, schönen Zeiten unserer technischen Hochschule zu Grabe getragen worden. Mögen wie das gegenwärtige auch die kommenden Geschlechter, derer stets mit Dankbarkeit gedenken, die wie Zeuner zum Aufblühen unserer schweizerischen Anstalt ihr bestes beigetragen haben. —

Wir fügen diesen beiden Aufsätzen noch einige erzänzende Notizen hinzu. Zeuner war geboren in Chemnitz am 30. November 1828. Er studierte 1848–1851 an der Bergakademie Freiburg und übernahm nach mehrfachen Studienreisen die Redaktion der von ihm gegründeten Zeitschrift „Civilingenieur", deren Leitung er aber nur bis zum Jahre 1857 behielt. Gleich bei Errichtung des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich wurde er als Professor der technischen Mechanik und theoretischen Maschinenlehre dorthin berufen. Vom Herbst 1865

---

[1]) Diese Notiz bedarf der Berichtigung: Georg Sidler hat Zeuner noch um einige Wochen überlebt.

bis Herbst 1867 war er Direktor des Polytechnikums. Im Jahre 1871 folgte Zeuner als erster ständiger Direktor der Bergakademie Freiburg. Im Jahre 1873 wurde er zum Direktor und zum Professor für technische Mechanik und Maschinenlehre am Polytechnikum Dresden ernannt, von welcher Stelle er 1898 zurücktrat.

Nicht nur das eidgenössische Polytechnikum, auch unsere Zürcher Naturforschende Gesellschaft bewahrt Zeuner ein dankbares Andenken. Er war ein sehr anregendes und tätiges Mitglied der Gesellschaft und 1867—1869 ihr Präsident. Sein Bildnis schmückt denn auch unsere Jubiläumsschrift des Jahres 1896.

Georg Sidler (1831—1907, Mitgl. d. Gesellsch. seit 1855).

Nur der Vollständigkeit halber sei der Name dieses trefflichen Mannes, der mehr als ein halbes Jahrhundert unserer Gesellschaft angehört hat, auch hier genannt. Ein ausführlicher, mit dem Bildnis des Verstorbenen geschmückter Nekrolog soll den Jahrgang 1908 unserer Vierteljahrsschrift eröffnen.

Sitzungsberichte von 1907.

Sitzung vom 14. Januar 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¹/₄ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung erhält die Genehmigung. Als Mitglieder werden einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen die Herren Dr. Fritz von Wyttenbach, Dr. Brockmann-Jerosch.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft haben sich angemeldet die Herren Emil Beck und Dr. Emil Meier, beide empfohlen durch Herrn Prof. Beck.

Herr Prof. Dr. Zangger hält einen Vortrag über „Membranen, spez. deren Bedeutung in der Physiologie und Pathologie“.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Dr. Höber, Prof. Werner, Prof. Zangger, Dr. Berl und Dr. Kauffler.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Sitzung vom 28. Januar 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¹/₄ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Als Mitglieder werden einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen die Herren Emil Beck und Dr. Emil Meier.

Herr Privatdozent Dr. Ernst Berl hält einen Vortrag „Neuere Verfahren zur Gewinnung einfacher Stickstoffverbindungen“.

An der Diskussion beteiligt sich Herr Prof. Dr. Lunge.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Sitzung vom 11. Februar 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¹/₄ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Herr Prof. Dr. Kleiner hält einen Vortrag, betitelt „Übersicht über die Resultate der neuesten experimentellen und spekulativen Forschung auf physikalischem Gebiete“.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Professoren Werner und Kleiner.

Herr Prof. Heim bringt eine Mitteilung über von ihm selbst beobachtete Ringe und Nebensonnen.

Schluss der Sitzung [illegible] Uhr.

Sitzung vom 25. Februar 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¹/₄ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird wegen Abwesenheit des Aktuars nicht verlesen.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft hat sich angemeldet Herr Dr. [illegible] Eichhorn, empfohlen durch Herrn Prof. Zangger.

Herr Dr. Leo Wehrli hält einen Vortrag „[illegible] Alpen“.

An der Diskussion beteiligt sich Herr Prof. Heim.

Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Hinschied unseres Mitgliedes Herrn Bodmer im Beckenhof und ladet die Anwesenden ein, sich zu Ehren des Verstorbenen von den Sitzen zu erheben.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Sitzung vom 11. März 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Die Protokolle der letzten und vorletzten Sitzung werden verlesen und genehmigt. Zum Eintritt in die Gesellschaft hat sich angemeldet Herr Dr. Conr. Schindler, empfohlen von Herrn Dr. Veraguth.

Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Tode des Herrn Prof. Dr. Mayer-Eymar, Mitglied der Gesellschaft seit 1872. Die Versammlung erhebt sich zu Ehren des Verstorbenen von ihren Sitzen.

Herr Dr. O. Veraguth hält einen Vortrag „Über einige körperliche Aeusserungen psychischer Vorgänge" (mit Demonstrationen).

Die Diskussion wird benützt von Herrn Dr. Schellenberg.

Herr Dr. G. Eichhorn wird einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen, ebenso Herr Dr. Conr. Schindler, dessen Wahl in Anbetracht der letzten Sitzung dieses Winters heute schon vorgenommen wird. Der Vorsitzende dankt für den zahlreichen Besuch und das rege Interesse, das den Darbietungen unserer Gesellschaft entgegengebracht worden ist und schliesst damit die Sitzungen des Winterhalbjahres 1906/07.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Hauptversammlung vom 8. Juni 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 7 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Der Vorsitzende gedenkt der seit der letzten Sitzung hingeschiedenen Mitglieder, der Herren K. Ott, früher langjähriger Bibliothekar der Gesellschaft; H. Studer, Ingenieur; E. Mertens, Landschaftsgärtner. Zu Ehren der Verstorbenen erheben sich die Anwesenden von ihren Sitzen.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft haben sich angemeldet die Herren Dr. A. de Quervain, eingeführt durch Herrn Prof. Heim und Dr. L. G. Du Paquier, eingeführt durch Herrn Prof. Rudio.

In sofort vorgenommener Abstimmung werden beide Herren einstimmig in die Naturforschende Gesellschaft aufgenommen.

Der Quästor, Hr. Dr. H. Kronauer, legt die Rechnung für das Jahr 1906 vor:

		Fr. Rp.
Einnahmen:	Zinsen des Haupt- und Illustrationsfonds	4,225. 50
	Beiträge der Mitglieder	4,859. –
	Verkauf der Neujahrsblätter	395. 68
	Verkauf von Katalogen	88. –
	Vierteljahrsschrift	266. 75
	Beiträge von Behörden und Gesellschaften	3,200. –
	Allerlei	297. 25
	Summe der Einnahmen:	13,332. 18
	dazu die Legate Kölliker und Bodmer	1,613. 50
	Gesamtsumme der Einnahmen:	14,945. 68

		Fr. Rp.
Ausgaben:	Bücher	4,379. 67
	Buchbinderarbeiten	870. 35
	Neujahrsblatt	715. —
	Vierteljahrsschrift	4,987. 80
	Katalogisierungsarbeiten	13. 20
	Miete, Heizung und Beleuchtung	92. 50
	Besoldungen	2,465. 20
	Verwaltung	468. —
	Allerlei	33. —
	Gesamtsumme der Ausgaben:	14,024. 72

Gegenüber dem Voranschlag ergibt sich für die Einnahmen ein Mehrbetrag von Fr. 1,296. 18, herrührend vom Legat Bodmer-Beder und einem etwas grösseren Betrag der Zinsen und der Vierteljahrsschrift. Im Voranschlag für die Ausgaben waren Fr. 500.— weniger ausgesetzt gewesen, als für die Einnahmen, da nach einem Beschluss der Gesellschaft vom letzten Jahre vom Legat Kölliker ein Betrag in dieser Höhe dem Stammkapital zuzuschlagen war, als Reserve für die Weiterführung der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, im Falle diese Zeitschrift nicht mehr geschenkweise eingehen sollte. Die wirklichen Ausgaben überschritten den Voranschlag um Fr. 875. 22. Während sämtliche übrigen Posten auch derjenige für Bibliothekausgaben etwas unter dem Voranschlag blieben, betrug beim Neujahrsblatt die Mehrausgabe Fr. 165.— und bei der Vierteljahrsschrift Fr. 987. 80, verursacht durch den reichen Inhalt, das vergrösserte Format und die vermehrte Auflage der Zeitschrift, verbunden mit einer beträchtlichen Erhöhung der Druckkosten. Der Überschuss der Einnahmen über die Ausgaben beträgt Fr. 920. 96, von denen Fr. 500. — eben als die oben erwähnte Reserve anzusehen sind. Das Gesamtvermögen der Naturforschenden Gesellschaft stellt sich Ende 1906 auf Fr. 88,802. 14, wovon auf den Hauptfond Fr. 82,304. 14 und auf den Illustrationsfond Fr. 6,500. – entfallen.

Die Rechnungsrevisoren, die Herren Prof. Dr. Burkhardt und Dr. Gysi, haben die vorliegende Rechnung geprüft, mit den Belegen verglichen und alles richtig befunden; sie beantragen dem Herrn Quästor die Rechnung abzunehmen, unter bester Verdankung seiner sorgfältigen und umsichtigen Rechnungsführung.

Zum Budget für 1907 macht Herr Dr. Kronauer folgende Vorschläge:

Einnahmen.			Ausgaben.		
Zinsen von Kapitalien	Fr.	4,300. —	Bücher	Fr.	4,350. —
Beiträge der Mitglieder	„	4,830. —	Einbände	„	1,100. —
Neujahrsblatt	„	400. —	Neujahrsblatt	„	400. —
Katalog	„	36. —	Vierteljahrsschrift	„	4,000. —
Vierteljahrsschrift	„	200. —	Katalogisierungsarbeiten	„	20. —
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	3,200. —	Miete, Heizung und Beleuchtung	„	150. —
Allerlei	„	74. —	Besoldungen	„	2,500. —
			Verwaltung	„	500. —
			Allerlei	„	20. —
Total	Fr.	13,040. —	Total	Fr.	13,040. —

Als Staatsbeitrag sind wieder Fr. 1,500. — in Aussicht genommen. Die übrigen Ansätze entsprechen im Ganzen denjenigen des Voranschlages für 1906.

Eine kleine Vermehrung zeigt der Posten Bücher, eine kleine Verminderung die Posten Katalogisierungsarbeiten und Allerlei. Ebenfalls eine Verminderung erfährt der Posten Neujahrsblatt, für den Fr. 400. — angenommen werden. Rechnung und Budget werden dem Herrn Quästor nochmals bestens verdankt.

In der an den Rechnungsbericht anschliessenden Diskussion wünschen die Herren Prof. Werner und Prof. Grubenmann, es möchte das Budget bezüglich des Neujahrsblattes und der Vierteljahrsschrift unter keinen Umständen überschritten werden. Herr Prof. Rudio bedauert die Überschreitung des letztjährigen Budgets, die leider ohne Reduktion der Vierteljahrsschrift nicht zu vermeiden war. Doch können Mitarbeiter nicht gut zurückgewiesen werden. Beim Neujahrsblatt waren die Tafeln die Ursache der Überschreitung.

Herr Prof. Burkhardt, derzeit Rechnungsrevisor, macht aufmerksam auf die die Druckerrechnung stark belastenden Korrekturen. Herr Prof. Rudio weist nach, dass die Schuld daran nicht an der Druckerei liegt, die gut und korrekt arbeitet; anschliessend bemerkt Herr Prof. Rudio, dass durch die Erhöhung der Setzerlöhne um 10% eine erhebliche Mehrbelastung des Druckerkontos eingetreten ist.

Der Aktuar, Herr Dr. E. Schoch, verliest den Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft 1906/1907.

Im Berichtsjahr wurden, die heutige Generalversammlung eingerechnet, 9 Sitzungen abgehalten. Die Besuchsfrequenz blieb ungefähr gleich, wie im vorigen Jahre. Mit Bedauern vermisste der Berichterstatter einige der ehrwürdigen Häupter der Naturwissenschaften in Zürich, die früher fast regelmässig an den Veranstaltungen unserer Gesellschaft, deren Zierde sie sind und bleiben werden, teilnahmen. Ob vermehrte Berufstätigkeit, ob vorgerücktes Alter oder Krankheit sie von uns fernhielten, wir hoffen doch, dass sie je und je wieder in unseren Sitzungen erscheinen werden.

In den neun Sitzungen wurden 12 Vorträge und Mitteilungen gegeben, die in folgende Disziplinen fallen. 1 auf Physik, 1 auf Zoologie, 1 auf Botanik, 2 auf Mineralogie, 5 auf Geologie, 2 auf Physiologie.

a) Vorträge:

1. Herr Dr. Paul Arbenz: Der Ausbruch des Vesuv im Jahre 1906.
2. „ Privatdozent Bruno Zschokke: Die Metallographie, eine neue Untersuchungsmethode der Metalle.
3. „ Prof. Dr. Zangger: Über Membranen, speziell deren Bedeutung in der Physiologie und Pathologie.
4. „ Prof. Dr. Kleiner: Übersicht über die Resultate der neuesten experimentellen und spekulativen Forschung auf physikalischem Gebiet.
5. „ Dr. Leo Wehrli: Die Kohlen der Schweizeralpen.
6. „ Dr. Veraguth: Über einige körperliche Aeusserungen psychischer Vorgänge.

b) Mitteilungen und Demonstrationen:

1. Herr Prof. Dr. Heim für Dr. Arnold Heim: Demonstration eines Churfirstenpanoramas und Photographien von Karren.
2. „ Prof. Dr. Heim: Wüstenphänomene; Herr Dr. Thellung: Eine Wüstenpflanze.
3. „ Prof. Dr. Standfuss: Weitere Untersuchungen über die Vorstufe der Art.

4. Herr Prof. Dr. Schröter: Glaciale Parallelformen montaner Alchimillen und myrmekochore Pflanzen.
5. „ Prof. Dr. Grubenmann: Ein neuer Granatolivinfels im Tessin.

Wie in früheren Jahren erschienen auch diesmal über die Mehrzahl der Vorträge kurze Berichte in der N. Z. Z. Den Herren Verfassern dieser Referate, die zugleich zu Gunsten der Gesellschaftskasse auf das Honorar verzichtet haben, sei der Dank der Gesellschaft ausgesprochen.

Vorstandssitzung.

Der Vorstand behandelte in einer Sitzung die Konstituierung der zürcherischen Kommission für Naturschutz, ferner eine Eingabe bezüglich Einführung einer internationalen Hilfssprache und diskutierte über die Frage, ob es angezeigt sei, auswärtige Persönlichkeiten von wissenschaftlicher Bedeutung zu unseren Wintervorträgen heranzuziehen.

Vierteljahrsschrift.

Der 51. Jahrgang der Vierteljahrsschrift umfasst 559 Seiten mit 22 wissenschaftlichen Abhandlungen von 18 verschiedenen Verfassern. Von diesen Abhandlungen stammen aus dem Gebiet der Mathematik 3, der Physik 2, der Botanik 5, der Physiologie 2, der Geologie 8. 2 Beiträge gehören zu den Notizen zur schweiz. Kulturgeschichte. Das Schlussheft enthält die Sitzungsberichte und den Bibliothekbericht für 1906, sowie ein auf 31. Dez. 1906 abgeschlossenes Mitgliederverzeichnis.

Das Neujahrsblatt, herausgegeben von der Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr 1907, 109. Stück, wurde verfasst von Herrn Privatdozent Dr. M. Rikli. Es trägt den Titel „Kultur- und Naturbilder von der spanischen Riviera“ und umfasst 46 Seiten mit 6 Tafeln.

Bestand der Gesellschaft.

Er zeigt gegenüber dem Vorjahre folgende Veränderungen. Neu aufgenommen wurden 12 Mitglieder. Andererseits hat der Tod der Gesellschaft einige hervorragende Mitglieder entrissen.

Es starben im Berichtsjahr die Herren:

A. Bodmer-Beder,
Prof. Dr. Wilh. Ritter,
Prof. Dr. A. Weilenmann,
C. Bodmer im Beckenhof,
Prof. Dr. Mayer-Eymar.

Ausgetreten ist Herr Sekundarlehrer Aeppli.

Am 31. Dezember 1906 zählte die Naturforschende Gesellschaft 18 Ehrenmitglieder, 2 korrespondierende und 286 ordentliche Mitglieder.

Der Bericht des Aktuars wird genehmigt und bestens verdankt.

Der Bibliothekar, Herr Prof. Dr. Hans Schinz, verliest den

Bibliotheksbericht.

Die Zahl der Entleiher von Büchern aus dem Bücherbestand unserer Gesellschaft belief sich im Jahre 1906 auf 114 (1905: 97) und zwar wurden, abgesehen von den bei den Professoren Lang, Werner und Schinz deponierten Serien, 1151 (1905: 1151) Werke ausgeliehen. Die durchschnittliche Zahl der Lesesaalbesucher belief sich auf 10—12 (1905: gleichfalls 10—12). Anzahl der Tauschgesellschaften: Schweiz 40, Deutschland 110 (1905: 106), Oesterreich-

Ungarn 41, Holland 13, Dänemark, Schweden und Norwegen 20, Frankreich 37 (1905: 36), Belgien 11, England 32 (1905: 31), Italien 29, Spanien, Portugal 7, Russland, Rumänien 22 (1905: 21), Amerika 98, übrige Länder 22. Total 482 (1905: 475).

Aufgegeben wurde keine Verbindung.

Zahl der angeschafften Periodica: Akademien, Allgemeines 31 (1905: 31), Astronomie, Meteorologie 4 (1905: 4), Botanik 16 (1905: 16), Geographie, Ethnographie 8 (1905: 11), Geologie, Petrographie, Mineralogie 19 (1905: 21), Mathematik 14 (1905: 15), Physik, Chemie 16 (1905: 15), Zoologie 17 (1905: 16). Zusammen 125 (1905: 130).

Der Rückschlag rührt zum Teil davon her, dass im Berichtsjahre mehrere Lieferungswerke zum Abschluss gelangt sind, zum Teil auch darin, dass der Bibliothekar sich veranlasst gesehen hat, in Anbetracht unverhältnismässig grosser unerwarteter Kreditüberschreitungen auf anderen Rechnungsposten, im Berichtsjahre mit der Anschaffung neuer Werke möglichst zurückhaltend zu sein.

Eine Revision der Bibliothek hat im Berichtsjahre nicht stattzufinden gehabt. Von den gemeinsamen Zuwachsverzeichnissen der stadtzürcherischen Bibliotheken sind im Jahre 1906 veröffentlicht worden:

1905, Band IX, 3. und 4. Teil; 1906, Band X, 1. und 2. Teil.

Der Verkehr mit dem Lesemuseum, die Mappenzirkulation und die Abwicklung des Tauschverkehrs geben zu keinen Bemerkungen Anlass.

Der Bericht des Herrn Bibliothekars wird genehmigt und ihm für seine Mühe der wärmste Dank der Gesellschaft ausgesprochen.

Wahlen: An Stelle des verstorbenen Herrn Bodmer-Beder, Vertreter der Mineralogie, Geologie in der Bibliothekskommission wird vom Vorstande vorgeschlagen und durch die Hauptversammlung gewählt Herr Dr. Paul Arbenz, Geolog.

Als Delegierte unserer Gesellschaft zur Jahresversammlung der schweiz. naturforschenden Gesellschaft nach Freiburg werden gewählt die Herren Prof. Dr. C. Hescheler und Dr. E. Schoch.

Vortrag: Herr Dr. Adler hält einen Vortrag „Über einige Ergebnisse thermodynamischer Studien".

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Dr. Stodola, Prof. Dr. Rudio und Dr. Adler.

Schluss der Sitzung 8½ Uhr.

Den Verhandlungen schliesst sich ein gemeinsames Abendessen an.

Sitzung vom 4. November 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der Hauptversammlung wird verlesen und genehmigt. Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Tode unseres Ehrenmitgliedes, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Gustav Zeuner in Dresden, zu dessen Ehren sich die Anwesenden erheben.

Als Andenken an unser langjähriges Mitglied Herrn Ott ist uns ein hochherziges Legat von Fr. 200.— zugegangen, das vom Vorstande gebührend verdankt wurde.

Ferner verdankt der Vorsitzende, die von der hoh. Regierung gewährte jährliche Subvention von Fr. 1500.—.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft hat sich angemeldet Herr J. Hilfiker vom eidg. topograph. Bureau, empfohlen durch Herrn Prof. Rudio und den Vorstand.

Der Vorsitzende bittet die Mitglieder, sich für die Gesellschaft recht rege zu interessieren, Vorträge anzumelden und neue Mitglieder anzuwerben.

Herr Prof. Dr. A. Lang hält einen Vortrag: „Eine neue cytologische Theorie über die Geschlechtsbestimmung".

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Escher-Kündig, Prof. Schröter und Prof. Lang.

Schluss der Sitzung 10¼ Uhr.

Sitzung vom 18. November 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft haben sich angemeldet die Herren:

Dr. Diebold, Arzt, empfohlen durch Herrn Prof. Schinz und den Vorstand.

Otto Brunner, Apotheker, empfohlen durch Herrn Prof. Schröter, Dr. Meyer und den Vorstand.

Dr. Edgar Meyer, Physiker, empfohlen durch Herrn Dr. Adler und den Vorstand.

Dr. Hans Strohl, Zoologe, empfohlen durch die Herren Prof. Lang und Prof. Hescheler.

Wiesmann, Sek.-Lehrer, empfohlen durch die Herren Dr. Bretscher und Prof. Hescheler.

Dr. Schwarzenbach, Arzt, empfohlen durch die Herren Prof. Silberschmidt und Dr. Ulrich.

Herr Prof. A. Heim hält einen Vortrag, betitelt: „Die neuen Entdeckungen über den Bau der Alpen".

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Becker, Dr. Arnold Heim, Prof. Schröter. und Prof. Heim.

Herr Dr. Hilfiker, Ingenieur wird einstimmig als Mitglied in die Naturforschende Gesellschaft aufgenommen.

Schluss der Sitzung 10½ Uhr.

Sitzung vom 2. Dezember 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Tode unseres verdienten Mitgliedes, des Herrn Prof. Dr. G. Sidler in Bern, zu dessen Andenken sich die Mitglieder von ihren Sitzen erheben.

Herr Dr. W. Fiedler wünscht aus der Naturforschenden Gesellschaft auszutreten.

Zum Eintritt in unsere Gesellschaft hat sich angemeldet:

Herr Karl Emil Gogarten, Bergingenieur, empfohlen durch die Herren Prof. Dr. Heim und Dr. Arbenz.

Herr Prof. Dr. Constam hält einen Vortrag, betitelt: „Methoden zur Bewertung der Brennmaterialien".

Im Anschluss an denselben ladet er die Mitglieder ein zur Besichtigung der Eidg. Prüfungsanstalt für Brennstoffe. An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Werner und Prof. Constam.

Die Herren Otto Brunner, Apotheker; Dr. phil. Edgar Meyer, Dr. Hans Strohl, Wiesmann, Sek.-Lehrer und Dr. med. Schwarzenbach werden einstimmig als Mitglieder in die Gesellschaft aufgenommen.

Schluss der Sitzung 9 Uhr 20.

Sitzung vom 16. Dezember 1907 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Der Vorsitzende teilt mit, dass Herr Dr. Schoch infolge Trauerfall in der Familie verhindert ist, die Aktuariatsgeschäfte zu besorgen. Herr Prof. Dr. Pfeiffer ist so freundlich, in der Zwischenzeit Herrn Dr. E. Schoch zu vertreten.

Zum Eintritt in unsere Gesellschaft haben sich angemeldet:

Herr Prof. Mauderli, Solothurn, empfohlen durch Herrn Prof. Werner.

Herr Prof. Dr. M. Grossmann am eidgen. Polytechnikum, empfohlen durch Herrn Prof. Schinz.

Der Vorsitzende macht dann Mitteilung von einem Schreiben des Quästorats der Schweiz. Naturf. Gesellschaft, in welchem die Kollekte für die Pierre des Marmettes in empfehlende Erinnerung gebracht wird.

Herr Dr. Arnold Heim hält einen Vortrag, betitelt: „Die Brandungszone der Schweizeralpen". An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Grubenmann, Prof. Früh, Dr. Heim, Dr. Arbenz, Prof. Heim, Direktor Huber.

Herr Gogarten wird einstimmig als Mitglied in die Gesellschaft aufgenommen.

Schluss der Sitzung 9 Uhr 55.

Der Aktuar: E. Schoch.

Bibliotheksbericht von 1907.

Der Bibliothek sind vom 15. Dezember 1906 bis zum 15. Dezember 1907 nachstehende Schriften zugegangen:

A. Geschenke.

Von Herrn G. [illegible] Zürich.

Revue scientifique. Paris [illegible]
1er semestre [illegible]

Von † Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. [illegible] Würzburg
bezw. [illegible]

Zeitschrift für [illegible] Bd. [illegible]
Heft 1—4. Bd. LXXXVII. [illegible] Bd. LXXXVIII. [illegible]

Von Herrn Prof. Dr. [illegible] Zürich.

Schweizer. [illegible]
No. 1—[illegible]

Von Herrn Prof. Dr. [illegible]

Archives de [illegible]

Von Herrn Dr. [illegible]

Espèces [illegible]
SA. Paris [illegible]

Von Herrn [illegible] Zürich.

Ferd. Rudio. [illegible]
[illegible]
[illegible]

Ferd. Rudio. [illegible]
[illegible]
[illegible]

Ferd. Rudio und [illegible]
[illegible] Zürich [illegible]

Von [illegible]

G. [illegible]

Von Herrn Dr. [illegible] Zürich.

Zur Kenntnis [illegible]

Von Herrn [illegible] Zürich.

I. Die [illegible]
II. Die [illegible]
[illegible]
[illegible]

Von Herrn Prof. Dr. Ulrich Grubenmann, Zürich V:

Die kristallinen Schiefer. II. Spezieller Teil. Berlin, 1907.

Ueber einige schweizer. Glaukophangesteine. SA. Stuttgart, 1906.

Von der tit. Stadtbibliothek, Zürich:

Joh. Matth. Bechstein. Naturgeschichte der Stubentiere. 2 Bände. 3. Auflage. Gotha, 1807, 1812.

Mor. Seubert. Die Pflanzenkunde. Bd. I—II. Stuttgart, 1849—1850.

Carl von Linné. Lehr-Buch über das Natursystem, so weit es das Tierreich angehet. Bd. I—II. Nürnberg, 1781—1782.

Pflanzensystem im Auszuge. III. Teil. Nürnberg, 1792.

Therese, Prinzessin von Bayern. Von Ihrer Kgl. Hoheit der Prinzessin Therese von Bayern auf einer Reise in Südamerika gesammelte Insekten. Fortsetz. und Schluss. SA. Berlin, 1901—1902.

108 Dissertationen naturwissenschaftlichen Inhalts der Universitäten Bern und Königsberg etc. aus den Jahren 1905—1907.

Von Herrn Louis Bourdeau, Paris:

Le problème de la mort. 4e édition. Paris, 1904.

Von Herrn Prof. Dr. A. Wolfer, Sternwarte, Zürich IV:

Astronomische Mitteilungen No. 97. Zürich, 1906.

Ueber einen neuen Messapparat für photographische Platten von O. Toepfer & Sohn in Potsdam. SA. Berlin, 1907.

Vom Ministère des travaux publics, Paris:

Etudes des gites minéraux de la France. 13 Bände Text und 11 Bände Tafeln.

Von Herrn Dr. Otto Schlaginhaufen, Assistent, Dresden:

Beschreibung und Handhabung von Rud. Martins diagraphen-technischen Apparaten. SA. Braunschweig, 1907.

Ein Canalis craniopharyngeus persistens an einem Menschenschädel und sein Vorkommen bei den Anthropoiden. SA. Jena, 1907.

Ueber das Leistenrelief der Hohlhand- und Fussohlen-Fläche der Halbaffen, Affen- und Menschenrassen. SA. Wiesbaden, 1906.

Ein Fall von Ossification des Ligamentum apicis dentis epistrophei beim Menschen und entsprechende Bildungen bei den Affen. SA. Leipzig, 1907.

Untersuchungen über den Sagittalumfang u. seine Komponenten an 100 Schädeln aus Melanesien. SA. Dresden, 1907.

Von der „Kartographia Winterthur“, vormals Topograph. Anstalt Winterthur, J. Schlumpf:

Die „Kartographia Winterthur“. Neujahr 1907. Winterthur, 1906.

Von Herrn Lic. Alfonso Toro, Zacatecas (Mexico):

Estudio sobre el origen del hombre en América. Zacatecas, 1906.

Von † Herrn Th. Würtenberger in Emmishofen:

Die Tärtiärflora des Kantons Thurgau. Frauenfeld, 1906.

Der Ueberlinger Tunnel und seine Bedeutung für die Bodensee-Geologie. Frauenfeld, 1901.

Von Herrn Prof. Dr. Arnold Lang, Zürich IV:

Agricultural Gazette of New South Wales. Vol. XVII, 1906.

Von Herrn C. Escher-Hess, Zürich I:

Ueber einige Vorkommnisse der oligocänen und miocänen Molasse und Nagelfluh der östlichen Schweiz. Zürich, 1907.

Von Herrn Iwan Tywonowycz, Wien XVIII, Gentzgasse 21:

Die Erde als Quelle der Wärme. Eine Theorie von J. T. Wien, 1907.

Von Herrn Dr. phil. Gustav Eichhorn, Zürich II:

Die drahtlose Telegraphie auf Grund eigener praktischer Erfahrungen. Leipzig, 1904.
Wireless telegraphy. London, 1906.

B. Im Tausch gegen die Vierteljahrsschrift.

a) Schweiz.

Basel. Naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XIX, Heft 1—2.

Bern. Schweiz. naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. LXXXIX, 1906; Geologische Kommission: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge Liefg. XXVI, Heft 1; XXIX, Heft 1; Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Liefg. IV.

Bern. Eidgen. Oberbauinspektorat, Hydrometrische Abteilung, Hauptergebnisse 1892, 1902; Wasserverhältnisse der Schweiz: Rheingebiet von den Quellen bis zur Tamina, 2. und 3. Teil, Nachtrag 1.

Bern. Naturforschende Gesellschaft Bern, Mitteilungen, 1905, No. 1591-1608; 1906, No. 1609—1628.

Bern. Schweizer. botanische Gesellschaft, Berichte, Heft XVI (Register zu Heft I—XV).

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens, Jahresbericht, neue Folge Bd. XLVIII, 1905—1906; XLIX, 1906—1907.

Fribourg. Société fribourgeoise des sciences naturelles, Mémoires: Botanique, vol. II, No. 2—3; Géologie et Géographie, vol. IV, No. 3; Chimie, vol. II, No. 3—4; III No. 1.

Genève. Société helvétique des sciences naturelles, Compte-rendu des travaux, Session LXXXIX, 1906.

Genève. Société de physique et d'histoire naturelle, Mémoires, vol. XXXV, fasc. 3; Beilage: E. Ador, Oeuvres complètes de J.-C. Galissard de Marignac. 2 tomes.

Glarus. Naturforschende Gesellschaft, Neujahrsblatt Heft 2.

Lausanne. Société vaudoise des sciences naturelles, Bulletin, 5e série, vol. XLII, No. 156—157; XLIII. No. 158—159.

Liestal. Naturforschende Gesellschaft Baselland, Tätigkeitsbericht 1904—1906.

Neuchâtel. Société de géographie, Bulletin, tome XVII, 1906.

Neuchâtel. Commission géodésique suisse, Procès-verbal, No. LIII, 1907.

Schaffhausen. Schweizerische entomologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. XI, Heft 5—6.

Sion. Société valaisanne des sciences natur., Bulletin de la Murithienne, fasc. XXXIII, 1904.

Solothurn. Naturforschende Gesellschaft, Mitteilungen, Heft III, 1904—1906.

Winterthur. Stadtbibliothek, Neujahrsblatt für 1907.

Zürich. Schweizer. Ingenieur- und Architektenverein, Schweizer. Bauzeitung 1906, Bd. XLVIII, No. 20-26; 1907, Bd. IL, No. 1-26; Bd. L, No. 1-21.

Zürich. Zuwachsverzeichnis der Bibliotheken, 1906, Bd. X, Heft 2—4; 1907, Bd. XI, Heft 1.

Zürich. Stadtbibliothek, Jahresbericht 1906.

Zürich. Schweizer. meteorologische Centralanstalt, Annalen, Jahrg. XLII, 1905.

Zürich. Physikalische Gesellschaft, Mitteilungen, 1906, No. 10.
Zürich. Museumsgesellschaft, Jahresbericht 73, 1906, und Beilage.
Zürich. Zentralkatalog, Jahresbericht VIII, 1906.
Zürich. Schweizer. Landesmuseum, Jahresbericht XV, 1906.

b) Deutschland.

Augsburg. Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben und Neuburg, Bericht XXXVII, 1906.
Berlin. Deutsche chemische Gesellschaft, Berichte, Jahrg. XXXIX, No. 14–18 und Beilage; XL, No. 1—15.
Berlin. Gesellschaft Naturforschender Freunde, Sitzungsberichte 1906, No. 7—10: 1907, No. 1—7.
Berlin. Deutsche geologische Gesellschaft, Zeitschrift, Bd. LVIII, Heft 2—4; LIX, Heft 1—3.
Berlin. Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte 1906, Heft 39—53; 1907, No. 1–38.
Berlin. Botanischer Verein der Provinz Brandenburg, Verhandlungen, Jahrg. XLVIII, 1906.
Berlin. K. preussische geologische Landesanstalt und Bergakademie, Jahrbuch Bd. XXIV, 1903.
Berlin. K. preussisches meteorologisches Institut, Veröffentlichungen: Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen 1903, 1904; Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen 1901—1902.
Berlin. Preuss. Landesanstalt für Gewässerkunde, Jahrbuch, Besondere Mitteilungen, Bd. I, Heft 1.
Berlin. Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald, Mitteilungen, Jahrg. XXXVIII, 1906.
Bonn. Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Sitzungsberichte 1905, Teil II; 1906, Teil I.
Bonn. Naturhistorischer Verein. Verhandlungen, Jahrg. LXII, 1905, II. Hälfte; LXIII, 1906, I. und II. Hälfte; Sitzungsberichte 1906, Teil II.
Braunschweig. Naturwissenschaftliche Rundschau, Jahrg. XXI, 1906, No. 46–52; XXII, 1907, No. 1–47.
Braunschweig. Deutsche physikalische Gesellschaft, Verhandlungen, Jahrg. VI, No. 22–24: VII, No. 1–24; VIII, No. 1–24; IX, No. 1—20.
Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XIX, Heft 1.
Bremen. Deutsches meteorologisches Jahrbuch für 1906, Bd. XVII.
Colmar. Naturhistorische Gesellschaft, Mitteilungen, neue Folge, Bd. VIII, 1905—1906.
Darmstadt. Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt, Notizblatt, 4. Folge, Heft 27.
Dresden. Naturwissenschaftliche Gesellschaft „Isis", Sitzungsberichte und Abhandlungen, Jahrg. 1906, Juli-Dezember; 1907, Januar-Juni.
Dresden. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Heft 4—6.
Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Jahresbericht 1905—1906.
Dürkheim. Pollichia, Naturwissenschaftlicher Verein, Mitteilungen 1906, No. 22 und Beilage.
Emden. Naturforschende Gesellschaft, Jahresbericht, Bd. XC, 1904—1905.
Erlangen. Physikal.-medizinische Societät, Sitzungsberichte, Bd. XXXVIII, 1906.

Frankfurt a. M. Senckenbergsche naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXIX, Heft 2; Bericht 1906.
Frankfurt a. M. Physikalischer Verein, Jahresbericht 1905—1906.
Giessen. Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Bericht, Naturwissenschaftliche Abteilung, Bd. I, 1904—1906; Medizin. Abteilung, n. Folge Bd. II.
Görlitz. Naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXIV; XXV, Heft 1—2.
Göttingen. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nachrichten, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, 1906, Heft 3—5; 1907, Heft 1—3; Geschättliche Mitteilungen 1907, Heft 1.
Greifswald. Geographische Gesellschaft, Jahresbericht X, 1905—1906.
Halle. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Jahrg. XXXI, 1907.
Halle. Kaiserl. Leopoldinisch-Carolin. deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Heft XLII, No. 10—12; XLIII, No. 1—10; Nova Acta, Bd. LXXXV - LXXXVI.
Hamburg. Naturhistorisches Museum, Mitteilungen, Jahrg. XXIII.
Hamburg. Mathematische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. IV, Heft 7 u. Beilage.
Hamburg. Naturwissenschaftl. Verein, Abhandlungen Bd. XIX, Heft 1—2; Verhandlungen, 3. Folge, Bd. XIV, 1906.
Heidelberg. Naturhistorisch-medizinischer Verein, Verhandlungen, n. Folge, Bd. VIII, Heft 3—4.
Hirschberg i. Schl. Deutscher und österreichischer Riesengebirgs-Verein, Der Wanderer im Riesengebirge, No. 290—301.
Karlsruhe. Grossherzogl. Sternwarte zu Heidelberg, Veröffentlichungen, Bd. IV; Mitteilungen, Bd. VII—IX.
Karlsruhe. Astrophysikal. Observatorium Königstuhl-Heidelberg, Publikationen, Bd. II, No. 1—12; III, No. 1—3.
Karlsruhe. Naturwissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. XIX, 1905—1906.
Kassel. Verein für Naturkunde, Abhandlungen und Bericht, Bd. LI, 1907.
Kiel. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abt. Helgoland, n. Folge, Bd. VIII, Heft 1.
Kiel. Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein, Schriften, Bd. XIII, Heft 2.
Leipzig. Kgl. sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Bd. XXIX, No. 7—8; XXX, No. 1—3; Berichte über die Verhandlungen 1906, Bd. LVIII, Heft 3—8; 1907, Bd. LIX, Heft 1—3.
Leipzig. Naturforsch. Gesellschaft, Sitzungsberichte, Jahrg. XXXII, 1905.
Leipzig. Fürstl. Jablonowskische Gesellschaft, Jahresbericht 1907.
Lüneburg. Naturwissenschaftlicher Verein, Jahreshefte, Bd. XVII, 1905—1907.
Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde, Abhandlungen und Berichte, Bd. 1, Heft 2—3.
Mannheim. Verein für Naturkunde, Jahresbericht 71—72, 1904—1905.
Meissen. Naturwissensch. Gesellschaft „Isis", Mitteilungen 1906—1907 u. Beilage.
München. Bayerische botanische Gesellschaft, Berichte, Bd. XI; Mitteilungen, Bd. II, No. 1—4.
München. K. bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Sitzungsberichte 1906, Heft 3; 1907, Heft 1—2.
München. Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, Sitzungsberichte, Bd. XXII, 1906.

München. Ornithologische Gesellschaft in Bayern, Verhandlungen 1905, Bd. VI.
München. Hydrotechnisches Bureau, Abteilung der obersten Baubehörde, Jahrbuch (zugleich Jahresbericht) 1905, Heft 5; 1906, Heft 3; 1907, Heft 1–2.
Mulhouse. Société industrielle, Jahresbericht 1906; Bulletin 1906, Août-Décembre; 1907, Janvier-Août; Procès-verbaux 1906, pag. 189—280; 1907, pag. 1–172; Preisaufgaben für 1908.
Posen. Naturwissenschaftlicher Verein der Provinz Posen (Deutsche Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft), Zeitschrift der botanischen Abteilung, Jahrg. XIII, Heft 2–3; XIV, Heft 1–2.
Potsdam. Astrophysikalisches Observatorium, Publikationen Bd. XV, Heft 1; XVII; XVIII, Heft 2; Photograph. Himmelskarte, Katalog Bd. IV.
Stettin. Entomologischer Verein, Entomologische Zeitung, Jahrg. LXVII, Heft 2; LXVIII, Heft 1–2.
Strassburg. Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unter-Elsass, Monatsbericht 1906, Bd. XL, No. 8–10; 1907, Bd. XLI, No. 1–4.
Strassburg. Geologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen, Mitteilungen Bd. VI, Heft 1.
Stuttgart. Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen u. Thüringen, Zeitschrift für Naturwissenschaften, Bd. LXXVIII, 1905–1906, Heft 4–6; LXXIX, 1907, Heft 1–2.
Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde, Jahreshefte, Jahrg. LXIII und 2 Beilagen.
Thorn. Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst, Mitteilungen Heft XIV.
Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde, Jahrbücher, Jahrg. LIX.
Würzburg. Physikalisch-medizin. Gesellschaft, Sitzungsberichte 1906, No. 1–7.

c) *Österreich.*

Agram. Societas historico-naturalis croatica, Glasnik, Godina XVII, 2. Hälfte; XVIII, 1. und 2. Hälfte; XIX.
Brünn. Naturforsch. Verein, Verhandlungen, Bd. XLIV, 1905; Meteorologische Kommission, Bericht, Bd. XXIV, 1904.
Brünn. Klub für Naturkunde, Bericht und Abhandlungen 1905, Bd. VII; 1906, Bd. VIII.
Brünn. Mährische Museumsgesellschaft, Mährisches Landesmuseum (früher Museum Francisceum), Zeitschrift, Bd. VII, Heft 1–2.
Innsbruck. Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg, Zeitschrift, 3. Folge, Heft 50.
Innsbruck. Naturwissenschaftl.-medizin. Verein, Berichte, Jahrg. XXX, 1905–07.
Klagenfurt. Naturhistor. Landesmuseum von Kärnten, Carinthia, Jahrg. XCVI, 1906, No. 4–6; XCVII, 1907, No. 1–3.
Krakau. Akademie der Wissenschaften, Anzeiger, 1906, No. 4–10 und Beilage; 1907, No. 1–3.
Laibach. Musealverein für Krain, Mitteilungen Jahrg. XIX, Heft 1–6; Izvestja, Letnik XVI, Sesitek 1–6.
Linz. Museum Francisco-Carolinum, Jahresbericht, mit Beiträgen zur Landeskunde von Österreich ob der Enns, LXV, (LIX).
Linz. Verein für Naturkunde in Österreich ob der Enns, Jahresbericht XXXVI.
Prag. Kgl. böhmische Gesellschaft der Wissenschaften, mathem.-naturwissenschaftliche Klasse, Sitzungsberichte 1906; Jahresbericht 1906.

Prag. K. böhmische K. Franz-Josef Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Rozpravi, Trida II, Rocnik XIV, XV und Beilagen; Bulletin internat., Sciences Mathémat. et naturelles, Bd. IX, No. 2; X, No. 1—2.

Prag. Deutscher naturwissenschaftlich-medizin. Verein für Böhmen „Lotos", Sitzungsberichte n. Folge Bd. XXVI, 1906; Fortsetzung; Lotos, neue Folge 1907, No. 1—3.

Prag. Deutscher polytechnischer Verein in Böhmen, Technische Blätter. 1906, Jahrg. XXXVIII, Heft 2—4.

Reichenberg. Verein der Naturfreunde, Mitteilungen, Jahrg. XXXVII.

Rovereto. J. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Atti, Seria III, vol. XII, fasc. 2—4; XIII, fasc. 1—2.

Trient. Tridentum, Rivista mensile, Annata IX, 1906, fasc. 6—10; X, 1907, fasc. 1—3.

Wien. K. K. geolog. Reichsanstalt, Abhandlungen, Bd. XVIII, Heft 2; Bd. XX, Heft 2; Jahrbuch 1906, Bd. LVI, Heft 3—4; 1907, Bd. LVII, Heft 1—3; Verhandlungen 1906, Heft 11—18; 1907, Heft 1—10.

Wien. Österr. Touristen-Club, Sektion für Naturkunde, Mitteilungen, Jahrg. XVIII und Beilage.

Wien. Zoologisch-botanische Gesellschaft, Verhandlungen 1906, Bd. LVI.

Wien. K. K. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Jahrbücher, n. Folge, Bd. XLII, 1905; Allgem. Bericht und Chronik über Erdbeben für 1904, No. 1.

Wien. Bosnisch-herzegowin. Landesmuseum in Serajewo, Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und Herzegowina. Bd. IX, X.

Wien. Verein für Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Schriften, Bd. XLVII, 1906—1907.

Wien. Naturwissenschaftlicher Verein an der Universität; Mitteilungen, 1903, No. 2-8; 1906, No. 8—10; 1907, No. 1—5.

Wien. Kais. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, Sitzungsberichte, Abteilung I, Bd. CXV, Heft 1—10; Abteilung IIa, Bd. CXV, Heft 1—10; Abt. IIb, Bd. CXV, Heft 1—10; Abt. III, Bd. CXV, Heft 1—10; Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, n. Folge, No. 31.

d) *Ungarn.*

Budapest. Ungarische geologische Gesellschaft, Zeitschr. Bd. XXXVI, Heft 6—12; XXXVII, Heft 1—3, 6—8; 1906: Kalecsinszky, Tone.

Budapest. Kgl. ungar. geolog. Anstalt, Jahresbericht 1905; Mitteilungen, Bd. XV, Heft 3 und Beilagen; Heft 4; XVI, Heft 1.

Budapest (O'Gyalla). K. ungar. Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus und des Zentral-Observatoriums in O'Gyalla, Bericht Bd. VI, 1905, und Beilage; Jahrbücher, Bd. XXXIII, 1903, Teil 4; XXXIV, 1904, Teil 1—4; XXXV, 1905, Teil 1-3.

Budapest. Musei nationalis hungarici, Annales historico-naturales 1907, Bd. V part 1.

e) *Holland.*

Amsterdam. K. Akademie van Wetenschappen, Proceedings, vol. IX, part 1—2; Jaarboek 1906; Verhandelingen 1. Sectie, deel IX, No. 4; 2. Sectie deel XIII, No. 1—3; Verslagen en Mededeelingen, deel XV, part 1—2.

Amsterdam. Wiskundig Genootschap, Nieuw Archief, 2. Reeks, deel VII, No. 4; VIII, No. 1.

Amsterdam. Société mathématique, Revue sémestrielle des publications mathématiques, tome XV, 1906—1907, part 1—2.

Haarlem. Musée Teyler, Archives, série II, vol. X, part 3—4.

Haarlem. Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, Naturkundige Verhandelingen, III. Versameling, deel VI, No. 2.

Haag. Sternwarte in Leiden, Annalen, Bd. IX, Heft 1.

La Haye. Société hollandaise des Sciences à Haarlem, Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, série II, tome XI, livr. 4—5; XII, livr. 1—5.

Nijmegen. Nederlandsche botanische Vereeniging, Nederlandsch kruidkundig Archiev, 3. Serie (Verslagen en Mededeelingen) 1906; Recueil, vol. III, No. 1—4.

Utrecht. K. nederlandsch meteorolog. Instituut, Meteorolog. Jaarbœk voor 1905.

Utrecht. Nederlandsche Vereeniging voor Weer — en Sterrenkunde, Hemel en Dampkring, Jahrg. IV, 1906/07, Lfg. 7—12; Jahrg. V, 1907, Lfg. 1—6.

f) Dänemark, Schweden, Norwegen.

Bergen. Bergens Museum, Aarbog 1906, Heft 3; 1907, Heft 1—2; Aarsberetning 1906; Meeresfauna von Bergen, Heft 2—3; Sars, Crustacea, vol. V, Harpacticoida, part 15—18.

Christiania. Physiografiska Forening, Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bd. XLIV, Heft 4; XLV, Heft 1—2.

Christiania. Videnskabs Selskabet, Forhandlingar 1906; Skrifter, Mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse 1906.

Kjobnhavn. Danske Videnskabernes Selskabs, Forhandlingar, Oversigt 1906, No. 4—6; 1907, No. 1—2.

Kjobnhavn. Société botanique, Journal, tome XXVII, fasc. 3; XXVIII, fasc. 1.

Lund. Acta Universitatis Lundensis, Ars-Skrift, n. Folge. 2. Abt., Bd. II, 1906.

Stockholm. Académie royale des Sciences de Suède, Observations météorologiques, vol. XLVIII; 1906, Arsbok 1906; Handlingar, vol. XLI; No. 4, 6—7; XLII, No. 1—7, 9, Accessions-Katalog 1905, Bd. XX, Arkiv: Mathematik, Astronomie und Physik, Bd. III, Heft 2 und Beilage; Kemi, Mineralogi u. Geologi, Bd. II, Heft 4—6; Botanik, Bd. VI, Heft 3—4; Zoologi, Bd. III, Heft 3—4.

Stockholm. Entomologiska Föreningen, Entomologisk Tidskrift 1906, Heft 1—4.

Tromso. Tromso Museum, Aarsberetning, 1905 Aarshefter, vol. XXVIII, 1905.

Trondjem. K. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1905, 1906; Beilage: Dahl. Carl von Linnés Forbindelse med Norge.

Upsala. Universität. Universitets mineralogisk-geologiska Institut, Meddelanden, vol. XXX; Bulletin, vol. VII, No. 13—14.

Upsala. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nova Acta, 4. serie, vol. I, fasc. 2.

g) Frankreich.

Angers. Société d'études scientifiques, Bulletin, nouv. Série, année XXXV, 1905.

Autun. Société d'histoire naturelle, Bulletin vol. XIX, 1906.

Besançon. Société d'émulation du Doubs, Mémoires, 7. Série, vol. IX, 1905.

Béziers. Société d'études des sciences naturelles, Bulletin vol. XXVII, 1904.

Bordeaux. Société des sciences physiques et naturelles, Procès-verbaux 1905—1906 und Beilage.
Bordeaux. Société Linnéenne, Actes, 6e Série, tome X.
Charleville. Société d'histoire naturelle des Ardennes, Bulletin, années IX—XII, 1902—1905.
Clermont-Ferrand. Société des Amis de l'Université de Clermont, Revue d'Auvergne 1907, No. 1.
Dijon. Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres, Mémoires, 4e Série, tome X, 1905—1906.
Grenoble. Université, Annales tome XVII, No. 1; XVIII, No. 2–3; XIX, No. 1.
Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie, Annales, 1905.
Lyon. Société botanique, Annales, vol. XXX, 1905.
Montbéliard. Société d'émulation, Mémoires, vol. XXXIII.
Nancy. Société des Sciences, Bulletin des Séances, 3e Série, tome VII, 1906, fasc. 1—3.
Nantes. Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France, Bulletin, 2e Série, 1906, tome 6, No. 1—4.
Paris. Société mathématique de France, Bulletin, tome XXXIV, fasc. 4; XXXV, fasc. 1—3.
Paris. Société des Jeunes Naturalistes, La Feuille, 4e Série, année XXXVII, 1906, No. 434; 1907, No. 435—444; année XXXVIII, No. 445.
Paris. Société de biologie, Comptes-rendus 1906, tome LXI, Nos. 30—39; 1907, tome LXII, Nos. 1—22; LXIII, Nos. 23—33.
Paris. Société géologique de France, Bulletin, 4e Série, tome IV, No. 7; V, Nos. 6—7; VI, Nos. 1—7.
Paris. Ecole polytechnique, Journal, 2e Série, No. XI.
Paris. Société philomatique, Bulletin, 9e Série, tome IX, Nos. 1—4.
Toulouse. Faculté des Sciences, Annales de l'Université, 2e Série, tome VIII, 1906, fasc. 2—4; tome IX, 1907, fasc. 1.
Toulouse. Société d'histoire naturelle, Bulletin, 1900, tome XXXIII, No. 1—3, 5—8; 1901, tome XXXIV, Nos. 1—3; 1905, tome XXXIX, No. 4.

h) Belgien.

Anvers. Société royale de géographie, Bulletin, tome XXX, 1906.
Bruxelles. Société belge de microscopie, Annales, année XXVII, fasc. 2; XXVIII, fasc. 1.
Bruxelles. Académie royale de Belgique, Annuaire 1907; Bulletin de la Classe des Sciences, 1906, Nos. 5—12; 1907, Nos. 1—5.
Bruxelles. Société belge de géologie, Bulletin, 2e Série, année XX, tome XX, fasc. 3—5; XXI, fasc. 1 und Beilagen.
Bruxelles. Observatoire royal de Belgique, Annuaire astronomique pour. 1907 u. Beilage; Annuaire météorolog. 1901–1906; Annales astronomiques, nouv. Série, tome IX, fasc. 2—3; Annales physique du Globe, nouv. Série, tome III, fasc. 2; Annales météorolog. tomes V—XI, XIII—XIV; Observations météorologiques 1900—1902, Annales: Bulletin climatologique 1899, part 1—2.
Bruxelles. Société entomologique de Belgique, Annales, tome L.
Bruxelles. Société royale de Botanique, Bulletin, tome XLII, fasc. 3; XLIII, fasc. 1—3.
Liège. Société royale des Sciences, Mémoires, 3e Série, tome VI.

i) *England.*

Bristol. Naturalists Society, Proceedings, 4. Series, vol. I, part 2—3.
Cambridge. Philosophical Society, Proceedings, vol. XIV, part 1—3; Transactions, vol. XX, No. 11—14.
Dublin. Royal Irish Academy, Proceedings, Section B, vol. XXVI, No. 6—9.
Dublin. Royal Academy of Medecine, Transactions, vol. XXV, 1907.
Dublin. Royal Dublin Society, Scientific Proceedings, new Series, vol. XI, No. 10—20; Economic Proceedings, vol. I, part 8—11; Scientific Transactions, Series II, vol. IX, No. 4—6.
Edinburgh. Royal Scottish geographical Society, Magazine, vol. XXII, 1906, No. 11—12; XXIII, 1907, No. 1—11.
Edinburgh. Royal Society, Proceed., vol. XXVI; No. 5—6; XXVII, No. 1—4; Transactions, vol. XLI, part 3; XLV, part 1.
Edinburgh. Geological Society, Transactions, vol. IX, part 1.
Edinburgh. Mathematical Society, Proceedings, vol. XXV, 1906—1907.
Edinburgh. Royal Physical Society, Proceedings, vol. XVI, No. 7—8; XVII, No. 2—3.
Edinburgh. Botanical Society, Transactions and Proceedings, vol. XXIII, p. 2.
Glasgow. Natural History Society, Transactions, new Series. vol. VII, part 3.
Liverpool. Biological Society, Proceedings and Transactions, vol. XXI, 1906-1907.
London. Royal geographical Society, Geographical Journal, vol. XXVIII, No. 6; XXIX, No. 1—6; XXX, No. 1—5.
London. Mathematical Society, Proceedings, Series II, vol. IV, part 5—7; V, part 1—6.
London. Royal microscopical Society, Journal 1906, part 6; 1907, part 1—5.
London. Royal Society, Proceedings Series A, Mathematical and physical Scienc., No. A vol. LXXVIII, No. 525—526;LXXIX, No. 527—534; Series B, Biological Sciences, No. B vol. LXXVIII, No. 527; LXXIX, No. 528—535.
London. Zoological Society, Proceedings 1906, pag. 179—1052; 1907, pag. 1—746; Transactions, vol. XVII, part 6; XVIII, part 1.
London. Linnean Society, Journal: Botany, vol. XXXVII, No. 262; XXXVIII, No. 263—264; Zoology, vol. XXX, No. 195—196; Proceedings, 1905—1906; List 1906—1907.
London. His Majestys Astronomer at the Cape of Good Hope, Report 1905.
London. Royal Astronomical Society, Memoirs, Appendix to vol. LVII.
Manchester. Literary and philosophical Society, Memoirs and Proceedings, vol. LI, part 1-3.
Manchester. Manchester Museum, Owens College, Publications 61—62.
Truro. Royal Institution of Cornwall, Journal, vol. XVII, 1907, part 1.

k) *Italien.*

Catania. Accademia Gioenia de scienze naturali, Atti 4. Seria, 1905, vol. XVIII; 1906, vol. XIX; Bollettino delle sedute, n. Seria 1906, No. 88; 1907, No. 92-94.
Firenze. R. Stazione di Entomologia Agraria, Redia, Giornale di Entomologia 1905, vol. III, fasc. 1—2; 1907, vol. IV, fasc. 1.
Milano. Società italiana di Scienze naturali e del Museo Civico, Atti, vol. XLV, fasc. 3—4; u. Beilage; vol. XLVI, fasc. 1—2.
Milano. Reale Istituto Lombardò di scienze e lettere, Memorie, vol. XX, No. 7—8; Rendiconti, Seria II, vol. XXXVIII, No. 17—20; XXXIX, No. 1—16.

Napoli. Accademia delle scienze fisiche e matematiche, Rendiconto, Seria III, vol. XII, No. 1—12. XIII, No. 1—2.
Padova. Accademia Scientifica Veneto-Trentina-Istriana, Atti, nuova Seria, Anno III, fasc. 1—2.
Palermo. Circolo matematico, Rendiconti, vol. XXIII, 1907, No. 1—3; XXIV, No. 1—2; Supplem. I, 1906; II, 1907; Anuario 1906, 1907.
Pisa. Società Toscana di Scienze naturali, Atti: Memorie, vol. XXII; Atti: Processi verbali, vol. XV, No. 5; XVI, No. 1—3.
Roma. R. Accademia dei Lincei, Atti, 5. Seria, vol. XV, 2 Semestre, No. 9—12; XVI, 1. Semestre, No. 1—12; 2. Semestre, No. 1—9; Rendiconti, Anno CCCIV, vol. II.
Roma. Società Romana di Antropologia, Atti 1907, vol. XIII, fasc. 1—2.
Roma. Comitato geologico d'Italia, Bollettino, 4. Seria, vol. VII, 1906, No. 3-4; 1907, No. 1—2.
Roma. Società zoologica italiana, Bollettino, Seria II, vol. VII, 1906, No. 4—9; VIII, 1907, No. 1—3.
Torino. R. Accademia delle scienze, Atti 1905—1906, vol. XLI, No. 1—15 und Beilage 1906—1907, vol. XLII, No. 1—6; Memorie, II. Seria, tomo LVI.
Torino. R. Accademia d'Agricoltura, Annali, vol. XLIX, 1906.

l) Spanien, Portugal.

Lisboa. Sociedade de Geographia, Boletin, 24. Seria, 1906, No. 9—12; 25. Seria, 1907, No. 1—8 u. Beilage.
Lisboa. Direcção dos serviços geologicos, Comunicacões, tomo VI, fasc. 2; VII, fasc. 1 und Kartenbeilagen.
Lisboa. Société portugaise de sciences naturelles, Bulletin 1907, vol. I, No. 1—2.
Porto. Academia Polytechnica, Annaes scientificos, vol. I, No. 4; II. No. 1—3.
Zaragoza. Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales, Boletin, tomo V, No. 9; VI, No. 1—7.

m) Russland, Rumänien.

Dorpat. Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Schriften, Heft XVII und Beilage; Sitzungsberichte, 1905, Bd. XIV, No. 2; 1906, Bd. XV, No. 1-4; 1907, Bd. XVI, No. 1.
Ekatherineborg. Société ouralienne, Bulletin tome XXVI und Beilage.
Helsingfors. Societas pro Fauna et Flora fennica, Meddelanden, Bd. XXXI—XXXII. Acta, vol. XXVII—XXVIII, XXXII.
Helsingfors. Finska Vetenskaps-Societeten, Bidrag Heft 63; Öfversigt af Forhandlingar, Bd. XLVII, 1904—1905; Institut météorologique central, Observations météorologiques 1895—1896.
Helsingfors. Commission géologique, Bulletin, No. 17—18, 20-23.
Jassy. Université, Annales scientifiques. tome IV, fasc. 1—4.
Kiew. Société des Naturalistes, Mémoires, tome XX, livr. 2.
Moscou. Société Impériale des Naturalistes, Bulletin, 1905, No. 4; 1906, No. 1—4.
St. Petersburg. Kaiserl. mineralogische Gesellschaft, Materialien zur Geologie Russlands, Bd. XXIII, Lfg. 1; Verhandlungen, 2. Serie, Bd. XLIII, Lfg. 2; XLIV, Lfg. 1.
St. Petersburg. Acta horti petropolitani, tome XXVI, fasc. 1.

St. Petersburg. Académie Impériale des Sciences, Bulletin, 5. Série, vol. XXII—XXIV, 1905—1906; 6. Série, 1907, No. 1—15; Mémoires, 8. Série, vol. XIX, No. 3, 5—7.

St. Petersburg. Comité géologique, Bulletin 1904, vol. XXIII, No. 7—10; Memoires, nouv. Série, 1905, livr. 3, 18—20.

St. Petersburg. Observatoire physique central Nicolas, Annales 1904, part 1; part 2, fasc. 1—2.

Riga. Technischer Verein, Industrie-Zeitung 1906, Jahrg. XXXII, No. 19—24; 1907, Jahrg. XXXIII, No. 1—20.

Riga. Naturforscher-Verein, Korrespondenzblatt, Bd. IL und Beilage.

n) Nord-, Süd- und Zentral-Amerika.

Albany. University of the State of New York, New York State Museum, Annual Report 1903, vol. I, part 1—2; II—IV; 1904, vol. I—V.

Austin. Texas Academy of Science, Transactions 1904, vol. VII.

Baltimore. John Hopkins University, Circulars 1906, No. 3—5, 7, 9—10; 1907, No. 1—4, 6.

Baltimore. American chemical Journal, vol. XXXV, No. 5—6; XXXVI, No. 1—6; XXXVII, No. 1—6, Index zu vol. XI—XX.

Berkeley. University of California, Publications, Botany, vol. II, No. 12—13; III, No. 5—8; Zoology, vol. III, No. 2—4, 9—13; College of Agriculture, Bulletin No. 177—187; Quarterly. Bulletin, new Series vol. VIII, No. 2.

Boston. American Academy of Arts and Sciences, Proceedings, vol. XLII, No. 10—29; XLIII, No. 1—3.

Boston. Boston Society of Natural History, Proceedings, vol. XXXII, No. 3—12; XXXIII, No. 1—2; Occasional Papers, vol. VII, No. 4—7.

Brooklyn. Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences, Science Bulletin, vol. I, No. 4, 9—10.

Buenos-Aires. Museo Nacional, Anales, 3. Serie, vol. I, pag. 329—339; VI; VIII; IX, pag. 33—43, 49—91, 107—242.

Buenos-Aires. Deutsche akadem. Vereinigung (Deutscher wissenschaftlicher Verein), Veröffentlichungen. Beilage.

Buffalo, Society of Natural Sciences, Bulletin, vol. VIII, No. 4—5.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society, Journal, vol. XXII, No. 3—4; XXIII, No. 1—2.

Chicago. Field Columbian Museum, Publications: Botanical Series, vol. II, No. 4—5; Report Series, vol. III, No. 1; Zoological Series, vol. VII; No. 2—3; VIII; Geological Series, vol. II, No. 8—9; III, No. 3—5.

Chicago. University of Chicago, Botanical Gazette, vol. XLII, No. 5—6; XLIII, No. 1—6; XLIV, No. 1—2, 4.

Chicago. Academy of Sciences, Bulletin, No. IV, part 2; VI.

Cincinnati. Lloyd Library of Botany, Pharmacy and Materia Medica, Bulletin 1907, No. 9; Myological Notes, No. 19—26 und Beilage.

Colorado (Boulder). University of Colorado, Studies, vol. IV, No. 2—4.

Colorado Springs. Colorado College Studies, vol. III, No. 4; Publications, General Series No. 22—25.

Columbus. Ohio State University, Journal of Mycology, vol. XII, No. 84, 86; XIII, No. 87; Ohio Naturalist, vol. VII, No. 1—8.

Davenport. Davenport Academy of Natural Sciences, Proceedings, vol. XI, pag. 1—417.

Indianapolis. Indiana Academy of Sciences, Proceedings 1905.

Lancaster. American Mathematical Society, Bulletin, 2. Series, vol. XIII, No. 2—9 und Beilage; XIV, No. 1—2.

La Plata. Museo de la Plata, Anales, Seccion botanica vol. I; Seccion paleontologica vol. V; Revista, tomo XI.

Lawrence. Kansas University, Science Bulletin, vol. IV, No. 1—6; VIII.

Lincoln. University of Nebraska, Agricultural Experiment Station, Bulletin, No. 91—98, University Studies, vol. V, No. 2—3; VI, No. 3—4; Press Bulletin, vol. VII, part 1—2; University Bulletin, vol. XII, No. 1.

Lincoln. American microscopical Society, Transactions, vol. XXVII, 1905.

Madison. Wisconsin Geological and Natural History Survey, Bulletin, Economic Series, No. 10.

Madison. University of Wisconsin, Washburn Observatory, Publications, vol. X, part 3.

Mexico. Observatorio meteorologico central, Boletin mensual, 1903, Februar-April; 1904, September.

Mexico. Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Anuario 1907; Observaciones 1904.

Mexico. Sociedad scientifica „Antonio Alzate“, Memorias y Revista, tomo XXII, No. 7—12; XXIII. No. 1—12; XXIV, No. 1—5.

Mexico. Istituto geologico, Boletin. No. 22, 24.

Mexico (Aguascalientes). El Instructor. Anno XXIII, No. 7—12; XXIV, No. 1—6.

Milwaukee. Public Museum, Annual Report, vol. XXIV, 1905–1906.

Milwaukee. Wisconsin Natural History Society, Bulletin, n. Series, vol. IV, No. 4; V, No. 1—3.

Montana. University of Montana, Bulletin, No. 36—42, Geologial Series No. 2; Biological Series. No. 13.

Montevideo. Museo Nacional. Flora Uruguaya, tomo III, fasc. 1—2.

New Haven. American Journal of Sciences. 4. Series, 1905, vol. XXII. Juli-Dez.; 1906, XXIII. Januar-Juni; 1907. XXIV. Juli-November.

New Haven. Connecticut Academy of Arts and Science. Transactions, vol. XII, 1904—1907; XIII. 1907, pag. 1—46.

New York. Academy of Sciences, Annals, vol. XVII. part 1.

New York. New York Botanical Garden. Bulletin. vol. V, No. 16—17.

Ottawa. Literary and scientific Society. Transactions 1906—1907, No. 4.

Ottawa. Royal Society of Canada. Proceedings and Transactions. 2. Series. vol. XII. 1906.

Ottawa. Geological and Natural History Survey of Canada, Report 1905. 1906.

Para. Museu Paraense (Museo Gœldi). Arboretum Amazonicum No. 3—4.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences, Proceedings vol. LVIII, part 2—3; LIX, part I.

Philadelphia. American Philosophical Society, Proceedings, vol. XLV; No. 183—184: XLVI, Nr. 185; Franklin Bicentennial Celebration.

Philadelphia. Zoological Society. Annual Report, vol. XXXV, 1907.

Philadelphia. University of Pennsylvania. Contributions from the Zoological Laboratory, vol. III. No. 1; University Bulletin, 7. Series, No. 3, part 2, 6, No. 4, part 1; No. 5, part 4; 8. Series, No. 1, part 1.

Rolla. State of Missouri. Bureau of Geology and Mines, Biennial Report, vol. XLIV.

San José. (Costa Rica). Sociedad Nacional de Agricultura, Ministero de Fomento, Boletin 1906, Anno I, No. 1—8.

St. Louis. Academy of Science, Transactions, vol. XV, No. 6; XVI, No. 1-7.

St. Louis. Missouri Botanical Gardens, Report, vol. XVII, 1906.

Topeka. Kansas Academy of Science, Transactions, vol. XX, part 2.

Washington. U. S. Naval Observatory, Publications, 2. Series, vol. IV, part 1-4.

Washington. Smithsonian Institution, Bulletin: U. S. National Museum, No. 39, part P, Q, No. 50, 53 part II, 56—59; Annual Report 1905; Proceedings U. S. National Museum, vol. XXXI—XXXII; Annual Report of the U. S. National Museum 1905, 1906; Contributions from the U. S. National Herbarium, vol. X, p. 3—5; XI; Bureau of Ethnology, Annual Report, vol. XXIV, 1902—1903; Bulletin, No. 30 part 1; 32; Smithsonian miscellaneous Collections, No. 1652, 1656, 1694, 1695, 1703, 1717, 1720—1721.

Washington. Philosophical Society, Bulletin, vol. XV, pag. 1—56.

Washington. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Bulletin, No. 275, 277-303, 305—308, 310, 312, 314—315; Report, vol. XXVII, 1905—1906; Monographs, vol. L; Professional Papers, No. 46, 50—52, 54-55, 57; Mineral Resources 1905; Water Supply and Irrigation Papers, No. 155—156, 158—164, 170, 172—194, 196, 200.

o) *Uebrige Länder.*

Batavia. Kon. magnetic en meteorolog. Observatorium, Regenwaarnemingen in Ned.-Indië, vol. XXVII, 1905; Observations vol. XXVII, 1904.

Bombay. Bombay Branch of the Royal Asiatic Society, Journal, vol. XXII, No. 61.

Bombay. Anthropological Society, Journal vol. VII, No. 7—8.

Calcutta. Geological Survey of India, Memoirs, Series XV, vol. V, No. 1—2; Palaeontologica Indica, new Series, vol. II; No. 3; Records, vol. XXXIV, 1906, part 2—4; XXXV, 1907, part 1—3.

Calcutta. Asiatic Society of Bengal, Memoirs, vol. I, No. 10—19 und Supplement; II, No. 1—4; Journal and Proceedings, vol. II, No. 4—10; III, No. 1-4.

Calcutta. Department of Agriculture, Botanical Series, No. 1, part 2; Memoirs, vol. I, No. 3, 6; II, No. 1; Entomological Series, vol. I, No. 2, 5.

Cape Town. South African Philosophical Society, Transactions, vol. XIII, pag. 289—546; XVI, part 4—5; XVII, part 1.

Colombo. Royal Botanic Gardens, Peradeneya, Annals, vol. III, part 2; IV, part 1; Circulars, vol. III, No. 16—25; IV, No. 1—2.

Kyōto. College of Science and Engineering, Imperial University, Memoirs, vol. I, No. 3.

Madras. Government Museum, Anthropology, Bulletin, vol. V, No. 2 u. Beilage.

Melbourne. Royal Society of Victoria, Proceedings, n. Series, vol. XIX, part 2; XX, part 1.

Sidney. Australian Museum, Records, vol. VI, No. 4—5; Report, vol. LII, 1905—1906; Memoirs, vol. IV, part 10.

Tokyo. College of Science, Imperial University, Journal, vol. XXI, No. 2—6; XXII; Mitteilungen aus der mediz. Fakultät, Bd. VII, No. 1—2.

C. Anschaffungen.

Akademien und Allgemeines.

Année biologique 1904, vol. IX.

Archiv für Anthropologie, n. Folge, Bd. VI, Heft 1—3.

Archiv für gesamte Physiologie (Pflüger), Bd. CXV, Heft 5—12; Bd. CXVI-CXIX Bd. CXX, Heft 1—5.
Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. LXIX, Heft 2—4; LXX, Heft 1—4; LXXI, Heft 1.
Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropolog. de Bruxelles, tome XXIV, 1905.
Centralblatt, biologisches, Bd. XXVI, 1906, No. 24; XXVII,, 1907, No. 1—23.
Centralblatt für Physiologie, Bd. XX, 1906, No. 16—26, 26a und Beilage; XXI, 1907, No. 1—16; Bibliographia physiologica, 3. Serie 1906, Bd. II, No. 3-4; 1907, Bd. III, No. 1.
Comptes-rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences, Session XXXV, 1902, part 1—2.
Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Bd. LXXI, part 1; LXXX.
Denkschriften, neue, der Schweizer. Naturf. Gesellschaft Bd. XXXV, (2. Auflage); XL, Heft 4; XLI, Heft 1—2; XLII, Heft 1.
Journal, the quarterly, of microscopical Science, new Series, vol. L, part IV, No. 200; vol. LI, part I, No. 201; II, 202; III, 203.
Magazine, philosophical, and Journal of Science, vol. XII, 1906, November-Dezember; XIII, 1907, Januar-Juni, XIV, 1907, Juli-November.
Naturalist, the American, vol. XL, No. 479—480; XLI, No. 481—490.
Report of the british Association for the Advancement of Science, vol. LXXVI, 1906.
Science, new Series, vol. XXIV, No. 619—626; XXV, No. 627—653; XXVI, No. 654—671.
Transactions, philosophical, of the Royal Society of London, Series A, vol. 206; Series B, vol. 198.
Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, Bd. LXXVIII, Teil 1, Teil 2, 1. und 2. Hälfte, und Beilage.
Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Bd. XXIII, Heft 3—4; XXIV, Heft 1—2.

Astronomie, Meteorologie.

Connaissance des temps, publ. par le Bureau de Longitudes pour 1908.
Jahrbuch, Berliner astronomisches, für 1909.
Nachrichten, astronom., Bd. 172, No. 4128; Bd. 173, No. 4129—4155; Bd. 174, No. 4156—4176; Bd. 175, No. 4177—4200; Bd. 176, No. 4201—4213.
Zeitschrift, meteorologische, 1906, No. 11—12. 1907, No. 1—10.

Botanik.

Annales des sciences naturelles, Botanique, 9e Série, tome IV, No. 4—6; V, No. 1—5.
Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e Série, vol. VI, part 1—2.
Annals of Botany, vol. XXI, No. 81—84; Index zu vol. XI—XX.
Bibliotheca botanica, Heft 64; 65 No. 1—4; 66.
Bulletin de la Société botanique de France, 4e Serie, tome VI, 1906, No. 7—10; VII, 1907, No. 1—6; Session jubilaire, 1904, tome LI, fasc. 2; Session extraordinaire, tome LIII, vol. VI, 1906, Mémoires, tome LIII, 1906, No. 4, 6—8 Teil 1, 10.
Bulletin of the Torrey botanical Club, vol. XXXIV, No. 4.

Engler und Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien, Lfg. 227—229; Ergänzungsheft II, Lfg. 3.
Hedwigia, Organ für Kryptogamenkunde, Bd. XLVI, Heft 1—6; XLVII, Heft 1-2.
Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. XLIII, Heft 4; XLIV, Heft 1—4.
Journal de Botanique, 1906, Année XX, No. 1—6, 1bis—6bis.
Memoirs of the Torrey botanical Club, vol. XII, No. 2—3; XIII.
Rabenhorst, Kryptogamenflora, Bd. I, Abt. VIII—IX, Pilze, Lfg. 103—105; Bd. VI, Abt. Lebermoose, Lfg. 3—5.
Reichenbach, Deutschlands Flora, 1. Serie, Bd. XIX, Teil 2, Lfg. 10—15; XXIV, Lfg. 11, Heft 260, Lfg. 12—14.
Roth, Geo. Die europ. Torfmoose. Nachtragsheft zu den europ. Laubmoosen. Leipzig, 1906.
Schmidt, Atlas der Diatomaceenkunde, Heft 67.
Schönfeldt, H. v. Diatomaceae Germaniae. Die deutschen Diatomeen des Süsswassers und des Brackwassers. Berlin, 1907.

Geographie, Ethnographie.

Archiv, internationales, für Ethnographie, Supplement zu Bd. XVII. Bd. XVIII, Heft 3.
Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XVI, Heft 4—5.
Jahrbuch des Schweizer. Alpenklubs, Jahrg. XLII, 1906—1907 und Beilagen.
Jahrbuch, geographisches, Bd. XXIX, 1906, 1. u. 2. Hälfte.
Mitteilungen der geographischen Gesellschaft, Wien, Bd. XLIX, No. 10—12; L, No. 1—8.
Pechuël-Loesche, Loango-Expedition, Abt. III, 2. Hälfte.
Penck, Geographische Abhandlungen, Bd. IX, Heft 1—2.
Süd-Polar-Expedition, deutsche (Drygalski), Bd. V: Erdmagnetismus, Bd. I, Heft 1; Bd. VIII: Botanik, Heft 1; Bd. IX: Zoologie, Bd. I, Heft 4—5.

Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palæontologie.

Abhandlungen der schweiz. palæontologischen Gesellschaft, 1906, Bd. XXXIII.
Abhandlungen, geologische und palæontologische, n. Folge, Bd. V, Heft 4; VIII, Heft 3; Supplement Bd. I, Lfg. 1, Text und Tafeln.
Annales des Mines, 10e Série, tome X, No. 8—12; XI, No. 1—6; XII, No. 7.
Annales de Paléontologie 1906, tome I; 1907, tome II, No. 1—3.
Beiträge zur Palæontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Bd. XIX, Heft 2—4; XX, Heft 1—3.
Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, 1906, No. 22—24; 1907, No. 1—22.
Eclogæ geologicæ helvetiæ, Mitteilungen, Bd. IX, No. 2—4.
Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, Hauptwerk, 1906, Bd. II, Heft 3; 1907, Bd. I, Heft 1—3; II, Heft 1—2; Beilagebände, XXII, Heft 3; XXIII, Heft 1—3; XXIV, Heft 1—3.
Jahreshefte, geognostische, Jahrg. XVIII, 1905.
Journal, the quarterly, of the geological Society, vol. LXII, No. 248; LXIII, No. 249—251.
Lory, Ch. Description géologique du Dauphiné, 3 parties avec planches. Paris, 1860—1864.

Magazine, geological, new Series, Decade V, vol. III, No. 509—510; IV, No. 511—519, 521.
Palæontographica, Bd. LIII, Lfg. 4—6; LIV, Lfg. 1—3; Supplement Bd. IV, Lfg. 2.
Tschermaks mineralogische und petrograph. Mitteilungen, n. Folge, Bd. XXV, Heft 5—6; XXVI, Heft 1—4; Register zu Bd. XI—XXV.
Zeitschrift für Krystallographie, Bd. XLII, Heft 6; XLIII, Heft 1—6.

Mathematik.

Archiv für Mathematik und Physik (Grunert), 3. Reihe, Bd. XI, Heft 1—4, XII, Heft 1—3.
Gauss, Carl-Friedrich: Werke, Bd. VII. Leipzig, 1906.
Giornale de Matematiche, vol. XLIV, September-Dezember; XLV, Januar-April.
Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Bd. XXXV, 1904, Heft 2—3.
Journal de Mathématiques, 6e Série, tome II, 1906, No. 3—4; III, 1907, No. 1—4.
Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. CXXXII, Heft 1—4; CXXXIII, Heft 1.
Journal, the quarterly, of pure and applied mathematics, vol. XXXVIII, No. 2—4.
Messenger of Mathematics, new Series, vol. XXXVI, No. 6—12; vol. XXXVII, No. 1—6.
Revue de Mathématiques, Beilage: Bollettino di bibliografia, Anno IX, No. 3—4; X, No. 1—2.

Physik, Chemie.

Annalen der Physik, 4. Folge, 1906, No. 11—15; 1907, No. 1—12.
Annales de chimie et de physique, 8e série, tome IX, No. 11—12; X, No. 1—6; XI, No. 7—8; XII, No. 9—11.
Beiblätter zu den Annalen der Physik, 1906, No. 21—24; 1907, No. 1—22.
Charlier, Carl Ludwig. Die Mechanik des Himmels. Bd. II (Schluss).
Gazetta chimica, anno XXXVI, parte II, fasc. 2, 4—6; XXXVII, parte I, fasc. 1—6; II, fasc. 1—5.
Gerland, Geo., Beiträge zur Geophysik, Bd. VIII, Heft 2—4; IX, Heft 1.
Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1900, Heft 1—9; (Schluss); 1901, Heft 1—2; 1904, Heft 10—11; Generalregister 1887—1896, Teil II; Sachregister 1. und 2. Hälfte.
Journal de physique, 4e série, tome V, 1906, No. 11—12; VI, 1907, No. 1—11.
Journal für praktische Chemie, neue Folge, Bd. LXXIV, No. 19—24; LXXV, No. 1—12; LXXVI, No. 13—21.
Journal of the Chemical Society, 1906, November-Dezember; 1907, Januar-Oktober; Supplement: Index zu Bd. 89—90 II).
Liebigs Annalen der Chemie, Bd. CCCL—CCCLVI, Bd. CCCLVII, Heft 1.
Lorentz, Abhandlungen über theoretische Physik, Bd. I, Lfg. 2.
Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. LVII, Heft 2—6; Bd. LVIII—LX; Bd. LXI, Heft 1.

Zoologie.

Annales des sciences naturelles, Zoologie, 9e Série, Année LXXXII, tome IV, No. 4—6; LXXXIII, tome V, No. 1—6; VI, No. 1—2.

Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 66, Bd. II, Heft 1; 67, Bd. II, Heft 1, 3; 68, Bd. II, Heft 1; II, 2. Hälfte, Lfg. 2; Heft 3; 69, Bd. II, Heft 2, Lfg. 2; 72, Bd. I, Lfg. 3; Bd. II, Heft 2, Lfg. 1; 73, Bd. I, Lfg. 1—2.
Archives de Zoologie expériment. et génér., 4e Série, tome III; IV; V, No. 1-5; Notes et Revue, 4e Série, tome V, No. 1—4.
Boveri, Theod. Zellen-Studien. Heft 6. Jena, 1907.
Cellule, la, tome XX, No. 2; XXI, No. 1—2; XXII, No. 1—2; XXIII, No. 1-2; XXIV, No. 1.
Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Heft 29—30.
Jahresbericht, Zoologischer, herausg. von der Zoologischen Station zu Neapel für 1906.
Journal de Conchyliologie, vol. LIV, No. 2—4; LV, No. 1—3.
Journal für Ornithologie, Jahrg. LV, 1907, Heft 1—4.
Mitteilungen aus der zoologischen Station zu Neapel, Bd. XVIII, Heft 1—3.
Plankton-Expedition, Ergebnisse der, Bd. III. L. f. β.: H. Popofsky, Acantharia; III. L. h. 2: Borgert, Tuscaroridae; III. L. h. 4.: Borgert, Medusettidae.
Transactions of the Entomological Society, London, 1906, part I—V; 1907, p. I.

Der Bibliothekar:
Hans Schinz.

Verzeichnis der Mitglieder

der

Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

(31. Dezember 1907).

a. Ordentliche Mitglieder.

			Aufn. Jahr.
1.	Hr.	Escher-Bodmer, Johann Jakob, Dr. jur., a. Oberrichter	1846
2.	-	Rahn-Meyer, Konrad, Dr. med.	1854
3.	-	Escher-Hess, Johann Kaspar, Kaufmann	1856
4.	-	Graberg, Friedrich, Zeichenlehrer	1860
5.	-	Huber-Werdmüller, Peter Emil, Oberst	1863
6.	-	Rose, Edmund, Dr. med., Professor a. d. Universität Berlin	1868
7.	-	Beck, Alexander, Dr., Professor	1870
8.	-	Fliegner, Albert, Dr., Professor am Polytechnikum	1870
9.	-	Heim, Albert, Dr., Professor am Polyt. und a. d. Univ.	1870
10.	-	Affolter, Ferdinand Gabriel, Dr., Prof. am Polytechnikum	1870
11.	-	Suter, Heinrich, Dr., Professor an der Kantonsschule	1871
12.	-	Bollinger, Otto, Dr. med., Professor a. d. Univ. München	1871
13.	-	Schulze, Ernst, Dr., Professor am Polytechnikum	1872
14.	-	Tobler, Adolf, Dr., Professor am Polytechnikum	1873
15.	-	Kleiner, Alfred, Dr., Professor a. d. Univ. und Erziehungsrat	1873
16.	-	Gnehm, Robert, Dr., Präsident des schweiz. Schulrates	1873
17.	-	Seitz, Johann, Dr. med., Privatdozent an der Universität	1874
18.	-	Stickelberger, Ludwig, Dr., Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B.	1874
19.	-	Wundt, Wilhelm, Dr. med., Professor a. d. Univ. Leipzig	1874
20.	-	Escher, Rudolf, Professor am Polytechnikum	1874
21.	-	Weber, Heinr. Friedr., Dr., Professor am Polytechnikum	1875
22.	-	Meister, Jakob, Professor a. d. Kantonsschule Schaffhausen	1875
23.	-	Stoll, Otto, Dr., Professor an der Universität	1875
24.	-	Keller, Konrad, Dr., Professor am Polytechnikum	1875
25.	-	Lunge, Georg, Dr., Professor am Polytechnikum	1876
26.	-	Brunner, Rudolf, Chemiker, Küsnacht	1877
27.	-	Schöller, Caesar, Fabrikant	1878
28.	-	Huguenin, Gustav, Dr. med., Professor a. d. Universität	1878
29.	-	Schröter, Karl, Dr., Professor am Polytechnikum	1878
30.	-	Stebler, Friedr. Gottl., Dr., Vorstand der schweiz. Samenkontrollanstalt	1879

			Aufn. Jahr.
31.	Hr.	Abeljanz, Harutjun, Dr., Professor an der Universität	1880
32.	-	Wolfer, Alfred, Dr., Professor am Polyt. und a. d. Univ.	1880
33.	-	Haab, Otto, Dr. med., Professor an der Universität	1880
34.	-	Rothpletz, August, Dr., Professor a. d. Univ. München	1880
35.	-	Denzler, Albert, Dr., Privatdozent am Polytechnikum	1881
36.	-	Rudio, Ferdinand, Dr., Professor am Polytechnikum	1881
37.	-	Maurer, Julius, Dr., Direktor der meteorol. Centralanstalt	1881
38.	-	Goldschmidt, Heinrich, Dr., Prof. a. d. Univ. Christiania	1881
39.	-	Egli-Sinclair, Theodor, Dr. med.	1881
40.	-	Constam, Joseph Emil, Dr., Professor	1881
41.	-	Beust, Fritz v., Dr., Direktor d. Erziehungsanstalt F. Beust	1881
42.	-	Beyel, Christian, Dr., Privatdozent am Polytechnikum	1882
43.	-	Keller-Escher, Karl, Dr., a. Kantonsapotheker	1882
44.	-	Imhof, Othmar Emil, Dr., Brugg	1882
45.	-	Bühler, Anton, Dr., Professor an der Universität Tübingen	1882
46.	-	Kronauer, Hans, Dr., Mathematiker d. schweiz. Rentenanstalt	1883
47.	-	Schottky, Friedrich, Dr., Professor a. d. Universität Berlin	1883
48.	-	Wyss, Oskar, Dr. med., Professor an der Universität	1883
49.	-	Burkhard-Streuli, Werner, Ingenieur	1883
50.	-	Mende-Ernst, Theophil, Dr. med.	1883
51.	-	Escher-Kündig, Jakob Christoph, Kaufmann	1883
52.	-	Geiser, Karl Friedrich, Dr., Professor am Polytechnikum	1883
53.	-	Schwarzenbach, Julius, Thalwil	1883
54.	-	Stadler, Salomon, Dr., Rektor der höheren Töchterschule	1883
55.	-	Muralt-v. Planta, Wilhelm v., Dr. med.	1883
56.	-	Zollinger, Ernst, Fabrikant	1884
57.	-	Culmann, Paul, Dr., Paris	1885
58.	-	Gaule, Justus, Dr. med., Professor an der Universität	1887
59.	-	Fick, Adolf, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität	1887
60.	-	Monakow, Konstantin v., Dr. med., Professor a. d. Univ.	1887
61.	-	Wenk, Ernst, Dr., Direktor des Institutes Erica	1888
62.	-	Emden, Robert, Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule München	1888
63.	-	Krönlein, Ulrich, Dr. med., Professor an der Universität	1888
64.	-	Flury, Philipp, Assistent der forstlichen Versuchsstation	1888
65.	-	Huber-Stockar, Emil, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon	1888
66.	-	Annaheim, Joseph, Dr., Chemiker	1888
67.	-	Messerschmitt, Johann Baptist, Dr., Hamburg, Seewarte	1889
68.	-	Bommer, Albert, Apotheker	1889
69.	-	Hommel, Adolf, Dr. med.	1889
70.	-	Bänziger, Theodor, Dr. med.	1889
71.	-	Schulthess-Schindler, Anton v., Dr. med.	1889
72.	-	Zschokke, Erwin, Dr., Professor an der Universität	1889
73.	-	Standfuss, Max, Dr., Professor am Polytechnikum	1889
74.	-	Grimm, Albert, Dr. med.	1889
75.	-	Schall, Karl, Dr., Privatdozent a. d. Universität Leipzig	1889
76.	-	Ritzmann, Emil, Dr. med.	1889
77.	-	Bleuler, Herm., Oberst, a. Präsident d. schweizer. Schulrates	1889
78.	-	Heuscher, Johann, Dr., Professor an der Universität	1889
79.	-	Lang, Arnold, Dr., Professor a. Polyt. und a. d. Univ.	1889
80.	-	Fiedler, Ernst, Dr., Professor an der Kantonsschule	1889

			Aufn. Jahr.
81.	Hr.	Schinz, Hans, Dr., Professor an der Universität	1889
82.	-	Aeppli, August, Dr., Professor an der Kantonsschule	1889
83.	-	Martin, Paul, Dr., Professor an der Universität Giessen	1889
84.	-	Stöhr, Philipp, Dr. med., Professor a. d. Univ. Würzburg	1889
85.	-	Overton, Ernst, Dr., Professor a. d. Universität Würzburg	1890
86.	-	Zschokke, Achilles, Dr., Direktor der Weinbauschule, Neustadt (Pfalz)	1890
87.	-	Pfister, Rudolf, Dr., Lyon	1890
88.	-	Gamper, Eduard, Apotheker, Winterthur	1890
89.	-	Bretscher, Konrad, Dr., Privatdozent an der Universität	1890
90.	-	Martin, Rudolf, Dr., Professor an der Universität	1890
91.	-	Roth, Otto, Dr. med., Professor am Polytechnikum	1891
92.	-	Felix, Walter, Dr. med., Professor an der Universität	1891
93.	-	Müller-Thurgau, Herm., Dr., Prof., Direktor d. Schweiz. Versuchsanstalt Wädenswil	1891
94.	-	Ris, Friedrich, Dr. med., Direktor d. Pflegeanstalt Rheinau	1892
95.	-	Driesch, Hans., Dr., Heidelberg	1892
96.	-	Herbst, Kurt, Dr., Heidelberg	1892
97.	-	Fritschi, Friedrich, Erziehungsrat	1892
98.	-	Bosshard, Heinrich, Dr., Professor an der Kantonsschule	1892
99.	-	Swerinzew, Leonidas, Dr., Petersburg	1892
100.	-	Hurwitz, Adolf, Dr., Professor am Polytechnikum	1892
101.	-	Hartwich, Karl, Dr., Professor am Polytechnikum	1892
102.	-	Zuppinger, Emil, Fabrikant, Wallisellen	1892
103.	-	Disteli, Martin, Dr., Prof. a. d. t. Hochschule Dresden	1892
104.	-	Werner, Alfred, Dr., Professor an der Universität	1892
105.	-	Zuberbühler, Arnold, Sekundarlehrer, Wädenswil	1892
106.	-	Franel, Jérôme, Dr., Professor am Polytechnikum	1892
107.	-	Denzler, Wilhelm, Ingenieur, Küsnacht	1892
108.	-	Bührer, A., Apotheker, Clarens-Montreux	1893
109.	-	Wyssling, Walter, Dr. Prof. am Polytechnikum, Wädenswil	1893
110.	-	Ribbert, Hugo, Dr. med., Professor a. d. Universität Bonn	1893
111.	-	Kleiber, Albert, Dr., Kantonschemiker, Glarus	1893
112.	-	Wettstein, Walter, Sekundarlehrer	1893
113.	-	Meister, Otto, Dr., Chemiker, Thalwil	1893
114.	-	Winterstein, Ernst, Dr., Professor am Polytechnikum	1893
115.	-	Meister, Friedrich, Sekundarlehrer, Horgen	1893
116.	-	Grubenmann, Ulrich, Dr., Professor a. Polyt. u. a. d. Univ.	1893
117.	-	Bissegger, Eduard, Direktionssekretär der Rentenanstalt	1893
118.	-	Stauffacher, Hch., Dr., Prof. a. d. Kantonsschule Frauenfeld	1893
119.	-	Gysi, Alfred, Dr. med.	1893
120.	-	Schulthess, Wilhelm, Dr. med., Privatdozent a. d. Univ.	1893
121.	-	Oppliger, Fritz, Dr., Seminarlehrer, Küsnacht	1893
122.	-	Bohbeck, Kasimir, Professor, Przemysl, Galizien	1894
123.	-	Claraz, George, A.	1894
124.	-	Stodola, Aurel, Dr., Professor am Polytechnikum	1894
125.	-	Prášil, Franz, Dr., Professor am Polytechnikum	1894
126.	-	Treadwell, Ferdinand P., Dr., Professor am Polytechnikum	1894
127.	-	Wild, Paul F., in Firma Orell Füssli & Cie.	1894
128.	-	Grete, E. August, Dr., Vorstand der schweiz. landwirtschaftlichen Versuchsstation	1894
129.	-	Schärtlin, Gottfr., Dr., Direktor der schweiz. Rentenanstalt	1894
130.	-	Rikli, Martin, Dr., Privatdozent am Polytechnikum	1894

			Aufn. Jahr.
131.	Hr.	Kiefer, Adolf, Dr., Professor am Institut Concordia	1894
132.	-	Hescheler, Karl, Dr., Professor an der Universität	1894
133.	-	Bertsch, Roland, Dr., Direktor des Institutes Concordia	1895
134.	-	Bloch, Isaak, Dr., Prof. a. d. Kantonsschule Solothurn	1895
135.	-	Stebler, Karl, Lehrer	1895
136.	-	Lehner, Friedrich, Dr., Fabrikdirektor	1895
137.	-	Wartenweiler, Traugott, Sekundarlehrer, Oerlikon	1895
138.	-	Früh, Johann Jakob, Dr., Professor am Polytechnikum	1895
139.	-	Wehrli, Leo, Dr., Lehrer an der höhern Töchterschule	1895
140.	-	Kehlhofer, Wilhelm, Wädenswil	1895
141.	-	Schellenberg, Hans, Dr., Privatdozent am Polytechnikum	1895
142.		Lüdin, Emil, Dr., Professor am Gymnasium Zürich	1896
143.	-	Burri, Robert, Dr., Professor am Polytechnikum	1896
144.	-	Frei, Hans, Dr., Seminarlehrer, Küsnacht	1896
145.	-	Lacombe, Marius, Professor am Polytechnikum	1896
146.	-	Brunner, Friedrich, Dr. med.	1896
147.	-	Holliger, Wilhelm, Dr., Seminarlehrer, Wettingen	1896
148.	-	Eggeling, Heinrich, Dr. med., Professor a. d. Univ. Jena	1896
149.	-	Schellenberg, Kaspar, Dr., Tierarzt	1896
150.	-	Herzog, Albin, Dr., Professor am Polytechnikum	1896
151.	-	Dörr, Karl, Dr. med., Frankfurt a./M.	1896
152.	-	Kopp, Robert, Dr., Professor a. d. Kantonsschule St. Gallen	1896
153.	-	Minkowski, Hermann, Dr., Professor a. d. Univ. Göttingen	1896
154.	-	Raths, Jakob, Sekundarlehrer	1897
155.	-	Lorenz, Richard, Dr., Professor am Polytechnikum	1897
156.	-	Burkhardt, Heinrich, Dr., Professor an der Universität	1897
157.	-	Bachmann, Hans, Dr., Professor a. d. Kantonsschule Luzern	1897
158.	-	Ruge, Georg, Dr. med., Professor an der Universität	1898
159.	-	Frey, Max v., Dr. med., Professor a. d. Univ. Würzburg	1898
160.	-	Höber, Rudolf, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität	1898
161.	-	Schäfer, R. William, Dr. (z. Z. in Baden-Baden)	1898
162.	-	Sperber, Joachim, Dr., Lehrer	1898
163.	-	Wegmann, Gustav, Ingenieur	1898
164.	-	Gouzy, Edmund August, Professor	1898
165.	-	Schoch-Etzensperger, Emil, Dr.	1898
166.	-	Erismann, Friedrich, Dr. med., Professor, Stadtrat	1898
167.	-	Gramann, August, Dr., Bezirkslehrer in Unter-Kulm	1899
168.	-	Erb, Joseph, Dr.	1899
169.	-	Dürst, Joh. Ulrich, Dr., Privatdozent am Polytechnikum	1899
170.	-	Lalive, August, Prof. a. Gymn. La Chaux-de-Fonds	1899
171.	-	Field, Herbert Haviland, Dr., Direktor des Concilium bibliographicum	1899
172.	-	Zulauf, Gottlieb, Fabrikant opt. Apparate	1900
173.	-	Volkart, Alb., Dr., Assistent a. d. Samenkontrollanstalt	1900
174.	-	Huber, Hermann, Ingenieur	1900
175.	-	Burri, Franz Xaver, Forstinsp. der Gotthardbahn, Luzern	1900
176.	-	Ernst, Julius Walter, Meteorolog	1900
177.	-	Bleuler, Eugen, Dr. med., Professor an der Universität	1900
178.	-	Sigg-Sulzer, Johann Gottfried, Kaufmann	1900
179.	-	Walder, Franz, Dr., Chemiker	1900
180.	-	Schmidt, Jakob Oskar, Dr., Direktor der Accumulatorenfabrik Oerlikon	1900

			Aufn. Jahr.
181.	Hr.	Frick, Theodor, Dr. med., Zahnarzt	1900
182.	-	Bolleter, Eugen, Dr., Sekundarlehrer	1900
183.	-	Bächler, Emil, Konservator a. naturhist. Museum, St. Gallen	1901
184.	-	Künzli, Emil, Dr., Prof. an der Kantonsschule Solothurn	1901
185.	-	Seiler, Ulrich, Dr., Professor an der Kantonsschule	1901
186.	-	Ernst, Paul, Dr. med., Prof. an der Universität in Heidelberg	1901
187.	-	Pfeiffer, Paul, Dr., Privatdozent an der Universität	1901
188.	-	Ernst, Alfred, Dr., Professor an der Universität	1901
189.	-	Meyer-Hürlimann, Karl, Dr. med.	1901
190.	-	Scherrer, Otto, Dr., Professor an der Kantonsschule	1901
191.	-	Cloetta, Max, Dr. med., Professor an der Universität	1902
192.	-	Keller, Konrad, Landwirt, Oberglatt	1902
193.	-	Bircher, Max, Dr. med.	1902
194.	-	Bircher, Ernst F., Dr. jur., Rechtsanwalt	1902
195.	-	Maurizio, Adam, Dr., in Lemberg	1902
196.	-	Schaufelberger, Wilhelm, Dr.	1902
197.	-	Gugler, Karl, Ingen., a. Direktor d. v. Rollschen Eisenwerke	1902
198.	-	Schweitzer, Alfred, Dr., Professor am Polytechnikum	1902
199.	-	Beglinger, Johann, Fabrikant, Wetzikon	1902
200.	-	Weiss, Pierre, Dr., Professor am Polytechnikum	1902
201.	-	Nägeli, Otto, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität	1902
202.	-	Ziegler, Konrad, Pfarrer in Ilanz	1902
203.	-	Brandenberger, Konrad, Dr., Professor a. d. Kantonsschule	1902
204.	-	Amberg, Otto, Dr., Rektor der Bezirksschule in Menziken	1903
205.	-	Ulrich, Alfr., Dr. med., ärztl. Leiter d. Anstalt f. Epileptische	1903
206.	-	Osterwalder, Adolf, Dr., Assistent, Wädenswil	1903
207.	-	Wehrli, Hans, Dr.	1903
208.	-	Hegi, Gustav, Dr., Kustos am bot. Garten, München	1903
209.	-	Zeller, Heinrich, Dr. jur., Rechtsanwalt	1903
210.	-	Stoppany, Giovanni Ambrosio, Dr. med.	1903
211.	-	Oswald, Adolf, Dr. phil. et med., Privatdozent an der Universität	1903
212.	-	Jordan, Hermann, Dr., Privatdozent an der Universität	1903
213.	-	Jaccard, Paul, Dr., Professor am Polytechnikum	1903
214.	-	Grisch, Andreas, Assistent an der Samenkontrollanstalt	1903
215.	-	Pestalozzi-Bürkli, Anton, Dr.	1903
216.	-	Veraguth, Otto, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität	1903
217.	-	Rothpletz, Gottlieb Friedrich, Stadtgärtner	1903
218.	-	Bernheim-Karrer, Jakob, Dr. med., Privatdozent an der Universität	1903
219.	-	Hirsch, Arthur, Dr., Professor am Polytechnikum	1903
220.	-	Wild-Schläpfer, Felix, Direktor bei Orell Füssli	1903
221.	-	Meister, Ulrich, Dr., Oberst und Nationalrat	1903
222.	-	Ernst, Theodor, Optiker	1903
223.	-	Silberschmidt, William, Dr. med., Prof. a. d. Universität	1903
224.	-	Stäubli, Karl, Dr. med., München	1903
225.	-	Dilthey, Walter, Dr., Privatdozent an der Universität	1903
226.	-	Rübel, Eduard, Dr.	1903
227.	-	Büeler, Hermann, Chemiker	1903
228.	-	Ehrhardt, Jakob, Dr., Professor an der Universität	1903
229.	-	Schlaginhaufen, Otto, Dr., Berlin	1904
230.	-	Staub, Joh., Dr., Lehrer a. d. höhern Töchterschule Luzern	1904

			Aufn. Jahr.
231.	Hr.	Lüthi, Adolf, Lehrer am Institut Concordia	1904
232.	-	Beck, Bernhard, Rektor des freien Gymnasiums	1904
233.	-	Zangger, Heinrich, Dr., Professor an der Universität	1904
234.	-	Reitz, Wilhelm, Oberingenieur bei Escher Wyss & Co.	1904
235.	-	Bühler, Anton, Dr. med., Privatdozent an der Universität	1904
236.	-	Schäppi, Theodor, Dr. med.	1904
237.	-	Huber, Paul, Assistent, Wädenswil	1904
238.	-	Bluntschli, Hans, Dr., Assistent am anat. Institut	1904
239.	-	Machwürth, Josef, Dr., Prof., Zahnarzt	1904
240.	-	Wettstein, Ernst, Dr., Professor an der Kantonsschule	1904
241.	-	Weber, Friedrich, Dr., Geolog	1904
242	-	Rollier, Louis, Dr., Privatdozent am Polytechnikum und an der Universität	1905
243.	-	Kienast, Alfred, diplom. Math.	1905
244.	-	Fenner, Karl, Dr., Lehrer an der Kantonsschule	1905
245.	-	Rascher, Max, Buchhändler	1905
246.	-	Beer, Robert, Buchhändler i. F. Fäsi u. Beer	1905
247.	-	Arbenz, Paul, Dr.	1905
248.	-	Müller, Albert, Buchhändler	1905
249.	-	Jabs, Asmus, techn. Direktor	1905
250.	-	Willstätter, Richard, Dr., Professor am Polytechnikum	1905
251.	-	Grandmougin, Eugène, Dr., Professor am Polytechnikum	1905
252.	-	Schmid, Eduard, Dr., Assistent an der Universität	1905
253.	-	Heubner, Wolfgang, Dr. med.	1905
254.	-	Steiger, Adolf, Dr. med.	1905
255.	-	Ernst, Heinrich, Regierungsrat	1905
256.	-	Egli, Karl, Dr., Professor an der Kantonsschule	1905
257.	-	Ganz, Emil, Photograph	1905
258.	-	Mollison, Theodor, Dr. med., Assistent a. anthrop. Institut der Universität	1905
259.	-	Gassmann, Theodor, Dr., Zahnarzt	1905
260.	-	Fingerhuth, Max, Dr. med.	1905
261.	-	Gerlach, Rudolf, Dr., Seminarlehrer in Küsnacht	1905
262.	-	Minnich, Walter, Dr. med.	1906
263.	-	Lämmel, Rudolf, Dr., Lehrer	1906
264.	-	Daiber, Marie, Dr., Assist. am zool. Inst.	1906
265.	-	Wreschner, Arthur, Dr., Privatdoz. a. Polyt. u. a. d. Univ.	1906
266.	-	Zschokke, Bruno, Privatdozent am Polytechnikum	1906
267.	-	Zürcher, Heinrich, in Firma Zürcher & Furrer	1906
268.	-	Eggenberger, Johannes, Dr., Versicherungsmathematiker	1906
269.	-	Zietzschmann, Otto, Dr., Professor an der Universität	1906
270.	-	Bürgi, Oskar, Professor an der Universität	1906
271.	-	Schläpfer-Rippstein, Apotheker	1906
272.	-	Heim, Arnold, Dr., Geolog	1906
273.	-	Adler, Fritz, Dr.	1906
274.	-	Brökmann-J rosch, Henryk, Dr.	1907
275.	-	v. Wyttenbach, Friedr., Dr.	1907
276.	-	Meyer, Emil, Dr., Gymnas.-Lehrer	1907
277.	-	Beck, Emil, Fachlehrer für Math. und Physik	1907
278.	-	Schindler, Konrad, Dr. med.	1907
279.	-	Eichhorn, Gustav, Dr.	1907
280.	-	Du Pasquier, L. Gustav, Dr., Assistent am Polytechnikum	1907

			Aufn. Jahr.
281.	Hr.	De Quervain, Alf., Dr., Adjunkt d. meteorol. Centralanstalt u. Privatdoz. a. d. Univ.	1907
282.	-	Hilfiker, Jakob, Dr., Ingen. für schweiz. Landestopographie	1907
283.	-	Wiesmann, Theodor, Sekundarlehrer	1907
284.	-	Meyer, Edgar. Dr.	1907
285.	-	Schwarzenbach, Ernst, Dr. med.	1907
286.	-	Strohl, Hans, Dr.	1907
287.	-	Brunner, Otto, Apotheker	1907
288.	-	Diebold, Fritz, Dr. med.	1907
289.	-	Gogarten, Karl Emil, Bergingenieur	1907

b. Ehrenmitglieder.

1.	Hr.	Kohlrausch, Friedrich, Dr., Professor, Marburg	1883
2.	-	Amsler-Laffon, Jakob, Dr., Professor, Schaffhausen	1894
3.	-	Dedekind, Richard, Dr., Professor an der technischen Hochschule Braunschweig	1896
4.	-	Gräffe, Eduard Heinrich, Insp. d. zoolog. Station, Triest	1896
5.	-	Eberth, Karl Joseph, Dr. med., Professor a. d. Univ. Halle	1896
6.	-	Hermann, Ludimar, Dr. med., Prof. a. d. Univ. Königsberg	1896
7.	-	Reye, Theodor, Dr., Professor a. d. Universität Strassburg	1896
8.	-	Schär, Eduard, Dr., Professor a. d. Universität Strassburg	1896
9.	-	Weber, Heinrich, Dr., Prof. a. d. Universität Strassburg	1896
10.	-	Schwarz, Hermann Amandus, Dr., Professor an der Universität Berlin	1896
11.	-	Choffat, Paul, Dr., Landesgeolog, Lissabon	1896
12.	-	Frobenius, Georg, Dr., Professor an der Universität Berlin	1896
13.	-	Hantzsch, Arthur, Dr., Professor a. d. Universität Leipzig	1896
14.	-	Forel, François Alphonse, Dr., Professor, Morges	1896
15.	-	Hagenbach-Bischoff, Eduard, Dr., Prof. a. d. Univ. Basel	1896
16.	-	Schwendener, Simon, Dr., Professor a. d. Universität Berlin	1899

c. Korrespondierende Mitglieder.

1.	Hr.	Cornaz, Edouard, Dr. med., Neuchâtel	1856
2.	-	Margerie, Emmanuel de, Dr., Paris	1883

Vorstand und Kommissionen.

Vorstand.

		Gewählt oder bestätigt.
Präsident:	Hr. Werner, Alfred, Dr., Professor	1906
Vicepräsident:	- Standfuss, Max, Dr., Professor	1906
Sekretär:	- Schoch, Emil, Dr.	1906
Quästor:	- Kronauer, Hans, Dr., Mathem. der Rentenanstalt	1904
Bibliothekar:	- Schinz, Hans, Dr., Professor	1906
Beisitzer:	- Grubenmann, Ulrich, Dr., Professor	1906
	- Huber-Stockar, Emil, Direktor	1906

Druckschriften-Kommission.

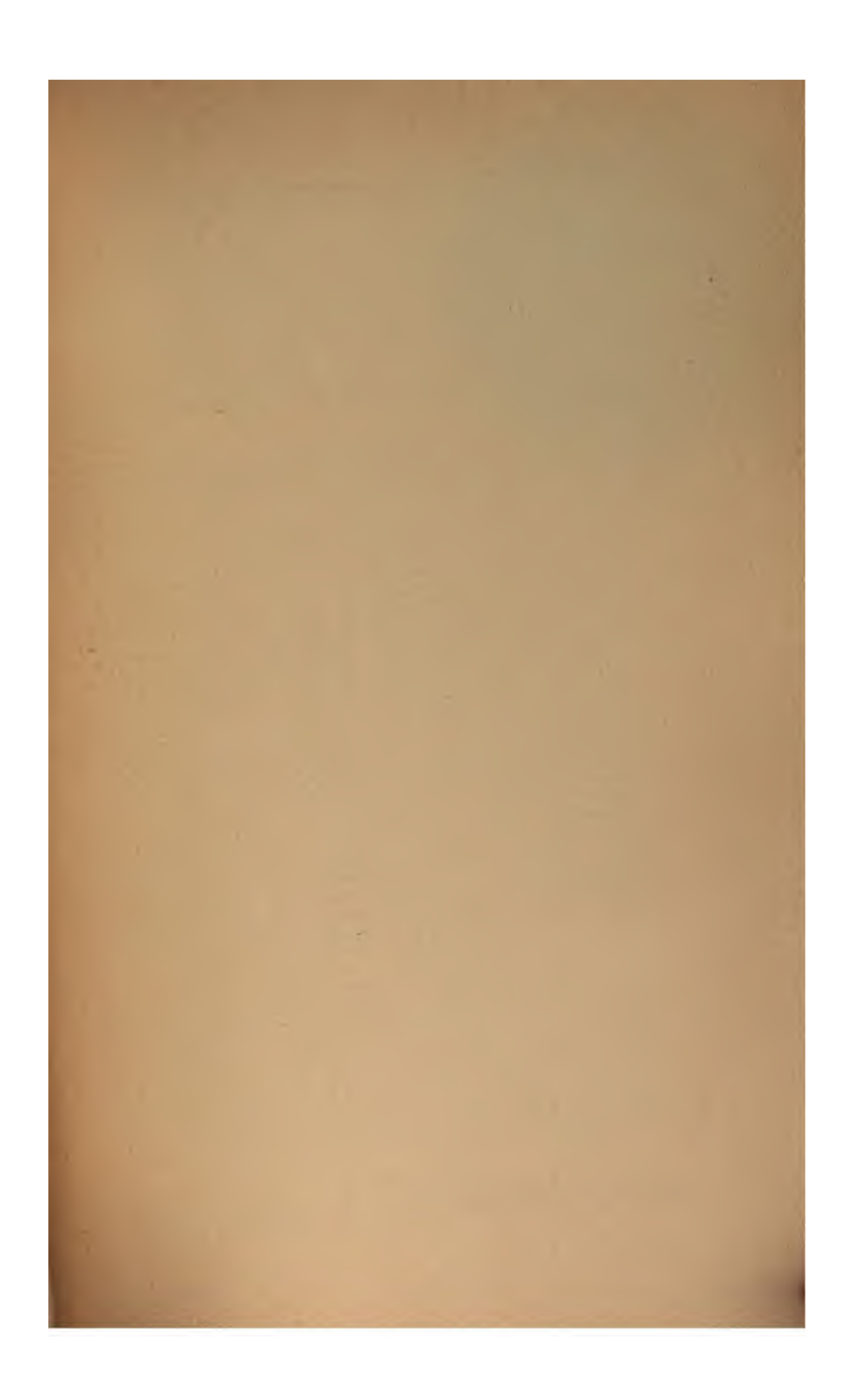
Präsident: Hr. Rudio, Ferdinand, Dr., Professor.
Mitglieder: - Heim, Albert, Dr., Professor.
- Lang, Arnold, Dr., Professor.

Engere Bibliotheks-Kommission (Fachbibliothekare).

Präsident: Hr. Schinz, Hans, Dr., Professor.
Mitglieder: - Martin, Rudolf, Dr., Professor.
- Bretscher, Konrad, Dr., Privatdozent.
- Aeppli, August, Dr., Professor.
- Beck, Alexander, Dr., Professor.
- Burkhardt, Heinrich, Dr., Professor.
- Pfeiffer, Paul, Dr., Privatdozent.

Die **weitere Bibliotheks-Kommission** besteht aus dem Präsidenten der Gesellschaft, den Fachbibliothekaren und den Herren: Prof. Dr. K. Keller, Prof. Dr. F. Rudio, Prof. Dr. K. Schröter, Prof. Dr. H. F. Weber, Prof. Dr. A. Werner, Dr. H. H. Field und Dr. M. Rikli.

Abwart: Hr. H. Koch; gewählt 1882.



Die **„Vierteljahrsschrift“** der naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Fäsi & Beer — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1—50 (1856—1905) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen“ der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vom 51. Jahrgange an beträgt der Preis der Vierteljahrsschrift 12 Fr. jährlich. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr. Er besteht aus der Geschichte der Gesellschaft (274 Seiten und 6 Tafeln), aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen (598 Seiten und 14 Tafeln) und einem Supplemente (66 Seiten).

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter“** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Fäsi & Beer zu beziehen.

Seit 1865 sind erschienen:

G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli: Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. 1871. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. E. Gräffe: Reisen im Innern der Insel Viti Levu. 1868. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. O. Heer: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 1866. Flachs und Flachskultur. 1872. A. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. A. Menzel: Zur Geschichte der Biene und ihrer Zucht. 1865. Die Biene. 1869. C. Moesch: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg. 1867. Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. M. Rikli. Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. G. Schoch: Ein Tropfen Wasser. 1870. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. 1903. R. Wolf: Joh. Feer, Beitrag zur Geschichte der Schweizerkarten. 1873.

Zur Beachtung.

Die Bibliothek ist täglich — mit Ausnahme von Sonn- und Festtagen — geöffnet von 9—12 Uhr und 1/2 2—5 Uhr (im Winter bis zum Eintritt der Dunkelheit).



